

Laatukäsikirja jatkuvatoimimisille vedenlaadun mittauksille

Opas hyviksi käytännöiksi

**Sirkka Tattari, Marjo Tarvainen, Kari Kallio, Ahti Lepistö,
Teemu Näykki, Mika Raateoja, Jukka Seppälä**



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 4 | 2019

Laatukäsikirja jatkuvatoimimisille vedenlaadun mittauksille

Opas hyviksi käytännöiksi

**Sirkka Tattari, Marjo Tarvainen, Kari Kallio, Ahti Lepistö,
Teemu Näykki, Mika Raateoja, Jukka Seppälä**

Helsinki 2019

Suomen ympäristökeskus



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 4 | 2019

Suomen ympäristökeskus
Vesikeskus

Julkaisun otsikko: Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille
Opas hyviksi käytännöiksi

Kirjoittajat: Sirkka Tattari¹, Marjo Tarvainen², Kari Kallio¹,
Ahti Lepistö¹, Teemu Näykki¹, Mika Raateoja¹, Jukka Seppälä¹

Suomen ympäristökeskus¹⁾
Varsinais-Suomen ELY-keskus²⁾

Vastaava erikoistoimittaja: Riitta Autio

Rahoittaja: Ympäristöministeriö

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)
Latokartanonkaari II, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Kansikuva: Paimionjoki, Marjo Tarvainen

Taitto: DTPage Oy

Julkaisu on saatavana veloitusetta internetistä:
www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke sekä ostettavissa
painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.juvenesprint.fi

ISBN 978-952-11-4828-6 (nid.)
ISBN 978-952-11-4829-3 (PDF)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

Julkaisuvuosi: 2019

TIIVISTELMÄ

Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille Opas hyviksi käytännöiksi

Laatukäsikirjan kirjoittaminen jatkuvatoimisille vedenlaadunmittauksille lähti tarpeesta saada yhdenmukaisempia käytäntöjä ja toimintamalleja koko ajan lisääntyvälle mittaustoiminnalle. Laatukäsikirjassa keskitytään jatkuvatoimisten mittausten laatuun vaikuttaviin yleisiin asioihin, jotta esitettävät toimenpiteet sopisivat useimmille vedenlaatua mittaaville laitteille ja olisivat käytettävissä eri vesiympäristöissä. Ohjeistusta ei ole kuitenkaan tarkoitettu ns. kenttämittareille, joita käytetään hetkellisten mittausten tekemiseen, ja joita ei jätetä maastoon pidemmäksi aikaa mittaamaan.

Kirjassa käsitellään ensin yleisesti kaikkia vesiympäristöjä koskevia asioita, jonka jälkeen virtavesiä, järviä ja merialuetta koskevia asioita käsitellään erikseen, mikäli toimet poikkeavat eri ympäristöissä. Virtavesiä koskevia ohjeita voidaan soveltaa eri kokoisissa uomissa tehtäviin mittauksiin.

Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille on tarkoitettu

- jatkuvatoimisia mittauksia suunnitteleville, toteuttaville ja niistä vastaaville henkilöille
- laitetoimittajille, konsulteille
- mittaustulosten käyttäjille

Laatukäsikirjalla pyritään parantamaan ja yhtenäistämään mittausten laatua mittaustoiminnan kaikissa vaiheissa. Laadunvarmistus käsittää toimivan ketjun vesiympäristöön sopivan laitteen valinnasta, validoinnista, asennuksesta, huollosta, kalibroinnista, laadukkaista laboratorioanalyysistä sekä ammattitaitoisesta mittausaineistojen laadunvarmistuksesta. Huolellinen toiminta ketjun kaikissa vaiheissa takaa mittausten onnistumisen ja aineistojen korkean laadun, mikä lisää olennaisesti myös aineistojen hyödyntämismahdollisuuksia.

Laatukäsikirja on toteutettu ”Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallisen verkoston toteuttamissuunnitelma - JatkuvaLaatu” -hankkeessa vuonna 2018. Hankkeen toteutuksesta vastasi Suomen ympäristökeskus (SYKE) yhdessä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa. Hanketta rahoitti ympäristöministeriö.

Asiasanat: *jatkuvatoiminen vedenlaadun mittaus, laatukäsikirja, vesiympäristöt, vesinäytteenotto, avoin tieto*

SAMMANDRAG

Kvalitetshandbok för kontinuerliga mätningar av vattenkvaliteten Handbok i god praxis

Bakgrunden till kvalitetshandboken för kontinuerliga mätningar av vattenkvaliteten var ett behov av att få enhetlig praxis och enhetliga koncept för den stadigt ökande mätverksamheten. Kvalitetshandboken fokuserar på allmänna faktorer som påverkar kvaliteten hos kontinuerliga mätningar, för att de åtgärder som presenteras ska passa de flesta instrument som mäter vattenkvaliteten och kunna tillämpas i olika vattenmiljöer. Anvisningarna är emellertid inte avsedda för så kallade fältmätare, som används för momentanmätning och som inte lämnas i terrängen för mätning under längre tid.

I boken behandlas först allt som gäller vattenmiljöer i allmänhet, därefter behandlas strömmande vatten, sjöar och havsområden separat, såvida åtgärderna avviker från varandra i de olika miljöerna. Anvisningarna om strömmande vatten kan tillämpas på mätningar i strömfåror av olika storlek.

Kvalitetshandboken för kontinuerliga mätningar av vattenkvaliteten är avsedd för

- personer som planerar och utför kontinuerliga mätningar samt ansvarar för dessa
- instrumentleverantörer, konsulter
- användare av mätresultat

Avsikten med kvalitetshandboken är att förbättra och förenhetliga mätkvaliteten i alla stadier av mätverksamheten. Kvalitetssäkringen omfattar en fungerande kedja av val av lämpligt instrument för vattenmiljön, validering, installation, underhåll, kalibrering, högklassiga laboratorieanalyser och yrkeskunnig säkring av mätmaterialens kvalitet. Omsorg om varje steg i kedjan garanterar att mätningarna lyckas och att materialen håller hög kvalitet, vilket väsentligt ökar möjligheterna att använda materialen.

Kvalitetshandboken sammanställdes 2018 inom projektet "Nätverk av oavbrutna mätningar av vattenkvaliteten". Finlands miljöcentral (SYKE) svarade för projektets genomförande tillsammans med NTM-centralen i Egentliga Finland. Projektet finansierades av miljöministeriet.

Nyckelord: *kontinuerlig mätning av vattenkvaliteten, kvalitetshandbok, vattenmiljöer, provtagning av vatten, öppna data*

ABSTRACT

Guidelines for Continuous Water Quality Measurements **Guide for good practices**

The guidelines for continuous water quality measurements was written due to a need for more consistent practices and procedures for the continuously growing measurement activity. The guidelines focuses on the general issues that influence the quality of continuous measurements, so as to guarantee that the listed measures are suitable for most devices that measure water quality and can be used in various water environments. However, the guidelines is not intended for so-called handheld instruments, which are used for short-term measurements and which are not left in the field for longer periods of time to collect measurement results.

The guidelines first covers all water environments in general, after which it separately details matters related to flowing waters, lakes and sea areas, if their specific measures differ from those of other water environments. Instructions concerning flowing waters can be applied for measurements in channels of varying sizes.

The guidelines for Continuous Water Quality Measurements is intended for

- actors who plan and implement continuous measurements and persons responsible for them
- equipment suppliers, advisors
- measurement result users

The guidelines aims to improve and increase the consistency of measurement quality in all phases of measurement activity. Quality assurance comprises a well-functioning chain from the selection of a suitable device for the water environment, to validation, installation, maintenance, calibration, high-quality laboratory analyses and skilled measurement material quality assurance. Precise work during all the phases of the chain guarantee the success of measurements and the high quality of data, which also significantly increases the possibilities for utilising the data.

The guidelines were written as part of the “Network for Continuous Water Quality Measurement Stations” project in 2018. The Finnish Environment Institute and the ELY Centre for Southwest Finland were responsible for the implementation of the project. The Ministry of the Environment provided the project’s funding.

Keywords: *continuous water quality measurement, guidelines, water environments, water sampling, open data*

ALKUSANAT

Laatukäsikirjan kirjoittaminen jatkuvatoimisille vedenlaadunmittauksille lähti tarpeesta saada yhdenmukaisempia käytäntöjä ja toimintamalleja koko ajan lisääntyvälle mittaustoiminnalle.

Laatukäsikirjassa keskitytään jatkuvatoimisten mittausten laatuun vaikuttaviin yleisiin asioihin, jotta esitettävät toimenpiteet sopisivat useimmille vedenlaatua mittaaville laitteille ja olisivat käytettävissä eri vesiympäristöissä.

Laatukäsikirjalla pyrimme parantamaan ja yhtenäistämään mittausten laatua mittaustoiminnan kaikissa vaiheissa. Laadunvarmistus käsittää toimivan ketjun vesiympäristöön sopivan laitteen valinnasta, validoinnista, asennuksesta, huollosta, kalibroinnista, laadukkaista laboratorioanalyyseistä sekä ammattitaitoisesta mitausaineistojen laadunvarmistuksesta. Huolellinen toiminta ketjun kaikissa vaiheissa takaa mittausten onnistumisen ja aineistojen korkean laadun, mikä lisää olennaisesti myös aineistojen hyödyntämismahdollisuuksia.

Laatukäsikirja on toteutettu ”Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallisen verkoston toteuttamissuunnitelma – JatkuvaLaatu” -hankkeessa vuonna 2018. Hankkeen toteutuksesta vastasi Suomen ympäristökeskus (SYKE) yhdessä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa. Hanketta rahoitti ympäristöministeriö. Tekijät haluavat erityisesti kiittää neuvottelevaa virkamiestä Petri Liljaniemeä, joka on toiminnallaan edistänyt jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden ja muiden uusien seurantamenetelmien käyttöönottoa.

Hankkeen kick-off työpajassa 5.4.2018 Helsingissä, SYKEssä, mietittiin pienryhmätyöskentelynä myös laatukäsikirjan sisältöä ja tavoitteita. Työpajaan osallistui jatkuvatoimisten mittausten parissa työskenteleviä asiantuntijoita eri puolilta Suomea. Virtavesissä olevista ainevirtaama-asemista järjestettiin erillinen hankkeen sisäinen työpaja 6.9.2018, jossa käsiteltiin myös laatukäsikirjaan liittyviä asioita. Kiitokset rakentavista keskusteluista ja kommentteista Heikki Pitkäselle (SYKE), Elina Röman’ille, Janne Suomelalle (VARELY) ja Jaana Marttilalle (UUELY).

Hankkeen kotisivut löytyvät osoitteesta <http://www.syke.fi/hankkeet/jatkuvalaatu>.

Tekijät, 28.1.2019



Kuvat Sirkka Tattari



Kuva 1. Tässä laatukäsikirjassa käsiteltävät vesiympäristöt joki, järvi ja meri.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
SAMMANDRAG	4
ABSTRACT	5
ALKUSANAT	6
1 Johdanto	9
2 Mittausperiaatteet ja mittalaitteen valinta	12
2.1 Mittausperiaatteet.....	13
2.2 Mittalaitteen valinta	13
2.3 Jatkuvatoimisten mittausten epävarmuuksia	18
3 Mittauspaikan valinta	20
4 Aseman ylläpito ja huolto	23
4.1 Perushuolto	23
4.2 Laitteen peruskalibrointi.....	25
5 Mittausaineiston käsittely	27
5.1 Mittauspaikkakohtainen vesinäytteisiin perustuva kalibrointi	27
5.2 Alustava datan käsittely.....	29
5.3 Johdettavat muuttujat.....	32
5.4 Lopullinen datan käsittely	33
5.5 Tiedon siirto tietokantaan	33
6 Henkilöstön pätevyysvaatimukset	35
7 Hankintakäytäntöjä	36
8 Dokumentaatio	37
9 Yhteenveto	38
KIRJALLISUUS	40
LIITE I Automaattisten vedenlaatuasemien metatietolomake	41

1 Johdanto

Jatkuvatoimisen mittaustoiminnan nykytila ja tulevaisuuden näkymät

Perinteisen vesinäytteenoton ja näytteen laboratorioanalysoinnin rinnalle on yhä useammin tarjolla vaihtoehtoisia suoraan kentällä tehtäviä mittauksia. Osa mittauksista voidaan automatisoida ja toteuttaa jatkuvatoimisesti. Mittaustuloksetkin onnistutaan usein päivittämään välittömästi verkkosivustoille, joten monia ilmiöitä pystytään tarkkailemaan reaaliaikaisesti. Jatkuviin automaattimittauksiin liittyy kuitenkin myös isoja haasteita, etenkin se miten pystytään varmistamaan mittausten laatu ja käyttökelpoisuus. Jatkuvatoimisia vedenlaatumittauksia käytetään Suomessa jo moniin eri tarkoituksiin. Alla olevassa laatikossa on esitetty erilaisia käyttöesimerkkejä. Tietoa voidaan saada nopeasti ja ympärivuorokautisesti, mikä ei ole mahdollista perinteisessä vesinäytteenottoon perustuvassa tiedon keräämisessä. Mittauksia toteuttavat ja käyttävät ympäristöhallinnon lisäksi vesiensuojeluyhdistykset, tutkimuslaitokset, säätiöt, yliopistot, ammattikorkeakoulut, yritykset ja monet muut toimijat.

Jatkuvatoimisesti mitatun vedenlaatatiedon käyttöesimerkkejä

Seuranta

1. Jatkuvatoimisten vedenlaatumittausten sisällyttäminen laajasti osaksi uutta seurantaohjelmaa
2. Seurantojen näytteenoton optimointi
3. Ainevirtaamien laskennan tarkentaminen erityisesti jokikohteissa
4. Mittausten hyödyntäminen velvoitetarkkailuissa ja valvonnassa

Tutkimus

1. Ravinnekuormitusmallien kehittäminen ja validointi
2. Järvi- ja merimallien kehittäminen (ekosysteemi- ja hydrodynaamiset mallit)
3. Prosessitutkimukset ja -mallit
4. Data-assimilaation kehitys
5. Kaukokartoitustuotteiden validointi ja algoritmien kehittäminen

Reaaliaikaisen ympäristötiedon välittäminen

1. Kansalaistiedotus (mm. levätilanne, ravinnevirrat, veden lämpötila, sää)
2. Levätiedotuksen tuki
3. Tulvatiedotuksen tuki

Yleisesti ottaen jatkuvatoimisten mittausten käyttö on hyvin kirjavaa eikä toiminta yleensä ole laatujärjestelmän alaista. Eri toimijoilla on omat käytäntönsä sekä itse mittaamisen käytännön järjestelyjen että tulosten laadun varmistamisen suhteen (Tarvainen ym. 2015). Joissain tapauksissa mittalaitteiden suorituskykyä ei käyttöön otettaessa varmisteta (validoida) havaintopaikalle tyypillisellä vedellä eikä mittausten jälkeen aineistoille tehdä ollenkaan laadunvarmistusta. Laadunvarmistuksen vaihteleva taso onkin osaltaan hidastanut aineistojen laajempaa hyödyntämistä. Laadunvarmistus määrittelee tuotettavan aineiston arvon ja käytettävyyden (Tarvainen & Suomela 2017). Nykyiset vaihtelevat käytännöt ovat seurausta yhtenäisen toimintamallin ja laatukriteerien puuttumisesta. Virtavesien osalta ohjeistusta aseman perustamiseen löytyy oppaasta Tattari ym. (2015) julkaisemasta oppaasta.

Automaattisen ja reaaliaikaisen vedenlaadun mittaustekniikan kehittämiseen panostetaan voimakkaasti maailmalla. Käyttäjillä on tarve saada lisää mitattavia muuttujia ja käytettävyydeltään parempia laitteita haastaviin ympäristöoloihin. Lämpimissä oloissa mittalaitteiden ongelmana on erityisesti voimakas likaantuminen ja kylmissä oloissa pakkasen ja jäätyminen aiheuttamat haasteet toimivuudelle. Mittausanturien tuottama valtava tietomäärä vaatii myös tietokantojen kehittämistä, sekä tulevaisuudessa myös automaattisia datan laaduntarkastusjärjestelmiä. Lisäksi tarvitaan helppokäyttöisiä työkaluja aineistojen käsittelyyn ja esittämiseen.

Ohjelmistoja, myös avoimeen lähdekoodiin perustuvia, kehitetään voimakkaasti maailmalla, mutta niiden käyttö on Suomessa vielä vähäistä. Kansainvälisen yhteistyön avulla Suomi voi olla mukana kehityksen kärjessä (Tarvainen & Suomela 2017).

Monia muuttujia ei voida edelleenkään mitata jatkuvatoimisesti. Tällaisia ovat esimerkiksi monien perusmuuttujien lisäksi viime aikoina paljon esillä olleet lääkejäämät, mikromuovit ja muut haitalliset aineet. Myös pääravinteiden mittauksissa on edelleen puutteita, kokonaistyyppiä ja -fosforia ei tyypillisesti voi mitata suoraan, vaan pitoisuudet arvioidaan apumuuttujien avulla. Vaikka mittausten menetelmä soveltuisikin muuttujan mittaamiseen, saattaa olla ettei se sovellu luonnonvesien alhaisten pitoisuuksien mittaamiseen.

Jatkuvatoimiseen mittaamiseen liittyy myös joitain uhkakuvia, jotka on syytä huomioida suunniteltaessa mittaustoiminnan laajentamista. Mikäli mittauksilla pyritään korvaamaan perinteistä vesinäytteenottoa, on kiinnitettävä huomiota pitkien, perinteiseen näytteenottoon perustuvien aikasarjojen jatkuvuuteen. Jatkuvatoimisten mittausten tuottamalla tiedolla voidaan korvata osa vesinäytteiden tuottamasta tiedosta, mutta tämä vaatii huolellista laadunvarmistusta ja tulosten yhtenevyyden varmistamista.

Mihin laatukäsikirjalla pyritään

Laatukäsikirjalla pyritään parantamaan ja yhtenäistämään mittausten laatua mittaustoiminnan kaikissa vaiheissa. Laadunvarmistus käsittää toimivan ketjun vesiympäristöön sopivan laitteen valinnasta, validoinnista, asennuksesta, huollosta, kalibroinnista, laadukkaista laboratorioanalyysistä sekä ammattitaitoisesta mittausaineistojen laadunvarmistuksesta. Huolellinen toiminta ketjun kaikissa vaiheissa takaa mittausten onnistumisen ja aineistojen korkean laadun, mikä lisää olennaisesti myös aineistojen hyödyntämismahdollisuuksia.

Laatukäsikirja kokoaa parhaat käytännöt automaattiselle jatkuvatoimiselle vedenlaadun mittaukselle Suomen oloissa. Se ohjeistaa nykyisiä toimijoita kehittämään toimintaansa ja toimii referenssinä uusille toimijoille. Laatukäsikirjan tavoitteena on tuoda esiin mittausten laatuun vaikuttavia tekijöitä ja tarjota ratkaisuja yleisimpiin ongelmiin. Laatukäsikirja toimii yleisenä ohjeistuksena mittauksille, joten tavoitteena ei ole mittausaseman perustamisen, yksittäisten mittausten tai laitteiden yksityiskohtainen ohjeistus.

Jatkuvatoimisen mittaustoiminnan määrittely

Jatkuvatoimisella mittaustoiminnalla tarkoitetaan itsenäisesti toimivien laitteiden avulla tapahtuvaa ympäristötiedon keräämistä, jossa työpanosta tarvitaan lähinnä laitteiden asennuksessa, kalibroinnissa, huollossa ja tiedon laadunvarmennuksessa (esim. Lepistö ym. 2010, Huotari & Ketola 2014, Tattari ym. 2015).

Jatkuvatoimisilla mittalaitteilla tarkoitetaan tässä laatukirjassa laitteita, jotka mitaavat vedenlaatua (mm. sameus, happi, nitraatti, humus, fosfaatti, suolaisuus), kasviplanktonia (leväpigmenttien fluoresenssi), haitallisia aineita (esim. raskasmetallit lyijy ja nikkeli), kasvihuonekaasuja (hiilidioksidi, metaani) ja veden lämpötilaa. Mittalaitteet voivat sijaita kiinteällä (poiju, ponttooni, mittausasema rannalla tai pohjalla) tai liikkuvalla alustalla (laiva, vene). Itämerellä on käytössä myös itsenäisesti ajelehtivia, mittausvyöryttään sääteleviä, robottipoijuja (Argo) ja liidokkeja (Glider). Monilla alustoilla voidaan myös mitata mm. vedenkorkeutta, virtaamaa, virtauksia, säätilaa ja auringon säteilyä.

Jatkuvatoimisten mittausten tuottama tieto eroaa laboratoriotuloksista siinä, että usein tuloksia joudutaan korjaamaan ajan kuluessa. Tähän dynaamiseen korjaukseen on kaksi pääasiallista syytä. Ensinnäkin, monet jatkuvatoimiset mittaukset ovat epäsuoria ja vaativat ns. kalibrointiaineiston keräämistä mittausten yhteydessä. Tällainen paikalliskalibrointi tarkentuu mittausten kuluessa, kun kalibrointiaineistoa kertyy tarpeeksi. Toiseksi, mittausten laadunvalvonta, eli päätös tulosten oikeellisuudesta, tehdään usein vasta jälkikäteen. Vasta laitteen toiminnan testaus huoltokäynnillä tai mittausjakson jälkeen antaa varmuuden siitä oliko mittaus laadukasta. Jatkuvatoimisen mittauksen luonteeseen kuuluukin, että mittauksen laatu varmistuu usein jälkikäteen. Usein mittauskauden havaintosarjat käydään lopullisesti läpi vasta mittauskauden päätyttyä ja tällöin tehdään lopulliset päätökset mittausten oikeellisuudesta ja käytettävistä korjauskertoimista ja muunnoksista.

2 Mittausperiaatteet ja mittalaitteen valinta

Käsitteitä (esim. EN 17075, 2018)

- **Analyytti** on aineosa, kemiallinen yhdiste tms., jota tutkitaan analyysimenetelmällä. Esimerkiksi fosfori, nitraattityppi tai happi.
- **Anturi tai sensori** on mittalaitteen osa, jonka reagointia ympäristöön käytetään avuksi fysikaalisten suureiden mittaamisessa tai kemiallisten yhdisteiden tunnistamisessa (ISO/IEC19762, 2016).
- **In situ -mittalaite** on automaattinen mittausjärjestelmä, jossa ainakin anturi on sijoitettu suoraan tutkittavaan vesistöön (ISO 6107-2, 2006).
- **Laitteisto** koostuu fyysisistä laitteista, jotka ovat osa tiettyä teknistä järjestelmää. Laitteet ja komponentit vaihtelevat käyttökohteen mukaan.
- **Mittalaite** (mittauslaite, mittauslaitteisto, mittari) on laite, joka mittaa jatkuvasti, tai määrätyin väliajoin tiettyä signaalia, joka on verrannollinen mitattavaan suureeseen (esim. nitraattitypen pitoisuus). Laite voi olla joko kiinteästi sijoitettu tai kannettava (ns. kenttämittari).
- **On line -mittalaite** on automaattinen mittausjärjestelmä, jossa näyte johdetaan vesistöstä mittauslaitteeseen putken tai letkun avulla (ISO 6107-2, 2006).
- **Suure, mittaussuure** on mitattava ominaisuus, jonka arvo, määrä tai pitoisuus mitataan. Esimerkiksi veden lämpötila tai veteen liunneen hapen pitoisuus.

Kalibrointi on toimenpide, jonka avulla voidaan arvioida mittanormaanin (esim. kalibrointistandardin, referenssimateriaalin) ja mittalaitteen näyttämän välinen yhdenmukaisuus. HUOM. Kalibrointi ei tarkoita samaa kuin mittausjärjestelmän viritys.

Validointi on prosessi, jossa testataan ja vahvistetaan, että laitteella ja/tai mittausmenetelmällä on valmiudet, jotka vastaavat sen käyttötarkoituksen asettamia vaatimuksia.

Meripuolella tulisi myös noudattaa kansainvälisesti sovittuja termejä mm. mitattavien suureiden nimistä ja analyyseistä (ICES <https://www.seadatanet.org/Standards/Common-Vocabularies>, SeaDataCloud <http://ices.dk/marinedata/vocabularies/pages/default.aspx>).

2.1 Mittausperiaatteet

Jatkuvatoiminen vedenlaadunmittaus perustuu yleisesti optiseen, sähkökemialliseen tai märkäkemialliseen menetelmään (ks. taulukko 1).

Jatkuvatoimisilla antureilla tarkoitetaan laitteita, joilla mittaus tapahtuu laitteeseen ohjelmoidun mittaustiheyden mukaan. Mittaus ei käytännössä ole täysin jatkuvaa, mutta mittausten väli on niin lyhyt (1 s – 1 tunti), että veden laadussa tapahtuvat lyhytaikaisetkin muutokset voidaan havaita, jolloin voidaan puhua jatkuvatoimisesta mittauksesta. Mittaustulos koostuu yleensä usean hetkellisen mittauksen keskiarvosta.

Esimerkiksi yleisesti mitatun sameuden mittaaminen optisilla antureilla perustuu joko sähkömagneettisen säteilyn takaisinsironnan tai valon vaimenemisen mittaamiseen. Säteilyn lähteenä näissä antureissa on yleensä infrapuna- tai laserdiodi. Laitteilla, jotka perustuvat spektrometriaan, voidaan sameuden lisäksi mitata nitraattityppeä ja orgaanisen aineen määrää. Spektrinen signaali mahdollistaa siis useiden muuttujien samanaikaisen mittaamisen niille ominaisten ”sormenjälkien” perusteella sekä erittäin tarkan kompensoinnin mm. valolähteen muutoksille.

Nykyään on saatavilla sekä monimuuttuja- että yhden muuttujan mittauslaitteita. Märkäkemiaan perustuvissa laitteissa valonlähteen ominaisuudet ja käytettävät reagenssit määräävät mitattavat muuttujat ja niiden lukumäärän.

Nykyisillä optisilla mittalaitteilla voidaan luonnonvesissä mitata monia eri vedenlaatumuuttujia (ks. taulukko 1). Fosforin mittaaminen ei ole vielä optisesti mahdollista, vaikka kehitystyö on ollut jo vuosia käynnissä. Fosfaattifosforin mittaus perustuu tällä hetkellä märkäkemiaan.

Taulukossa 1 on esitetty muuttujakohtainen mittausmenetelmä, mittaukseen sisältyviä rajoitteita ja luonnonvesissä yleensä esiintyvälle pitoisuudelle laboratorio-mittauksen mittausepävarmuuden suositus. Huomioitavaa on, että jatkuvatoimisen mittauksen mittauseriaate on yleensä erilainen kuin laboratorioanalyysissä. Sekä jatkuvatoiminen että laboratoriolaitte antavat laitekalibrointinsa mukaisen mittaus tuloksen, mutta jatkuvatoimisessa mittauksessa paikalliskalibrointi voi jälkikäteen vaikuttaa tuloksiin.

2.2 Mittalaitteen valinta

Tutkimuskohteen ominaisuudet sekä tutkimuksen tai seurannan tavoitteet asettavat reunaehdot mitattavalle muuttujalle ja siten myös mittalaitteen valinnalle. Mittalaitte pitääkin aina valita sekä käyttötarkoituksen että kohteen olosuhteiden mukaan. Mittauspaikka vaikuttaa monin tavoin mittalaitteen valintaan. Mittauspaikan asettamiin reunaehtoihin kuuluvat esimerkiksi mittalaitteen tekniset vaatimukset (esim. sähkön saanti, tilan tarve) ja mitattava ympäristö itse (esim. soveltuuko laitteen mittaustekniikka kohteen olosuhteisiin). On myös tapauskohtaisesti harkittava, tarvitaanko asetetun kysymyksen ratkaisuun jatkuvatoimista mittausta vai olisiko vesinäytteisiin perustuva kohteen havainnointi riittävää ja kustannustehokasta.

Ennen laitteen hankintaa on aina selvitettävä vedestä mitattavan suureen paikallinen pitoisuustaso, koska se vaikuttaa laitteen vaatimuksiin. Jos mahdollista, pitoisuustason lisäksi kannattaa selvittää myös mitattavan suureen vaihteluväli. Esimerkiksi ravinteille ei toistaiseksi ole esitetty yksittäisiä määrityksiä koskevia laatu normeja. Määritysrajojen tulisi kuitenkin olla ravinteille enintään 10 % – 50 % kyseiseltä vesistöalueelta mitatusta alimmasta pitoisuustasosta, jotta tulosten käytökelpoisuus toteutuu pidemmällä aikavälillä (Näykki & Väisänen 2016).

Taulukko I. Vedenlaatumuuttuja, mittausmenetelmä, mittaukseen sisältyviä rajoitteita ja luonnonvesissä yleensä esiintyvälle pitoisuudelle laboratoriomittauksen mittausepävarmuuden suositus.

Muuttujan nimi	Yksikkö	Mittausmenetelmä	Mittausmenetelmän rajoitteet ja/tai muut huomiot	Laboriometri*	
				Pitoisuusalue	Suositusmittaus-epävarmuus (suosituksesta puuttuu näytteenoton epävarmuus)
Veden lämpötila	°C	Perustuu esim. platinajohtimen vastuksen muutokseen lämpötilasta riippuen.	Anturin mittauslukeman stabiloitumisaika on parhaimmillaan alle minuutin, mutta voi olla jopa useita minuutteja.**		
Sähkönjohtavuus	mS/m	Sähkökemiallinen mittalaite. Koostuu yleensä elektrodiparista, joihin kytketään jännite ja niiden välillä kulkeva virta mitataan.	Sähkönjohtavuus on voimakkaasti lämpötilasta riippuva suure, ja yleensä mittalaitteessa on lämpötilakompensatio, jonka avulla mittaus tuloksella voidaan muuttaa vastaamaan sähkönjohtavuutta 25 °C:n lämpötilassa (= Specific conductance). Sähkönjohtavuus kasvaa pääsääntöisesti liikuttaessa pinnalta järven pohjaan päin. Tämä johtuu orgaanisten aineiden hajoamisesta vapautuneista suoloista.	>4 mS/m 1–4 mS/m	±5 % 0,2 mS/m
pH	Lukuarvo ilman yksikköä, kuvaa vetyionien määrää vedessä. Logaritminen asteikko.	Sähkökemiallinen mittalaite. Koostuu yleensä vertailuelektrodista ja mittauselektrodista. Mittauselektrodille muodostuu jännite, joka on suoraan verrannollinen vetyionien pitoisuuteen liuoksessa. Vertailuelektrodi tuottaa vakiojännitettä, jota vasten mittauselektrodin jännitettä verrataan.	Elektrodin tyypillinen käyttöikä on alle vuosi.		±0,2
Happi/Liuenut happi	mg/l	Optinen: Tekniikka perustuu LED-valon avulla synnytetyn luminesenssin mittaamiseen. Mitä enemmän vedessä on happea, sitä enemmän luminesenssi vaimenee. Sähkökemiallinen (amperometrinen): Anturissa on sähkökemiallinen kenno. Sen sisällä on kaksi elektrodia, joiden välinen virta mitataan. Kenno on erotettu mitattavasta liuoksesta polymeerikalvolla. Näytteessä oleva happi kulkee kalvon läpi ja saa aikaan sähkökemiallisen reaktion kennossa. Amperometrinen anturi on toimintatavasta riippuen joko polarografinen tai galvaaninen.	Veden lämpötila vaikuttaa happipitoisuuden mittaukseen ja tällöin on tärkeää, että kalibrointi on tehty oikeassa lämpötilassa (Näykki ym. 2016). Myös veden suolaisuus/saliniteetti vaikuttaa happipitoisuuteen ja tämä on otettava huomioon kalibroinnissa. Polarografisen anturin käyttöönottoaika voi olla jopa 10 minuuttia. Galvaaninen ja optinen anturi ovat heti käyttövalmiita. Sähkökemiallinen anturi reagoi muuttuneeseen happipitoisuuteen nopeammin kuin optinen anturi. Sähkökemiallinen mittaus kuluttaa vedestä happea aiheuttaen mittaus tuloksen alenemista, mikäli vesi ei vaihdu/virtaa riittävästi anturin kohdalla. Virtausnopeus tulisi olla sama kuin anturin kalibroinnin aikana. Sähkökemiallisen anturin käyttö ja huolto vaatii enemmän ammattitaitoa esim. elektrolyyttiliuoksen ja/tai kalvojen vaihtoa.	>2 mg/l 0,5–2 mg/l	±10 % ±0,2 mg/l

* Näykki & Väisänen 2016.

** Liikuteltavissa kenttämittareissa huomioitava, että esimerkiksi pH ja happianturin mittauslukeman stabiloitumisaika voi olla jopa 5 minuuttia (Kahiluoto 2015).

Taulukko 1. jatkuu

Muuttujan nimi	Yksikkö	Mittausmenetelmä	Mittausmenetelmän rajoitteet ja/tai muut huomiot	Laboratoriomittaus*	
				Pitoisuusalue	Suositusmittaus- epävarmuus (suosituksista puuttuu näytteenoton epävarmuus)
Sameus ja kiintoaine	Sameus: FNU (ISO 7027-1) NTU (USEPA) Kiintoaine: mg/l	Optinen: ISO 7027-1 mukainen nefelometrinen mittaus, jossa mitataan näytteessä olevien partikkeleiden aiheuttamaa valon sirontaa 90 asteen kulmassa käyttäen infrapuna-alueen valoa (860 nm). Osa laitteista perustuu USEPA-menetelmään ja niissä valonlähteenä käytetään valkoista valoa volframilampusta aallonpituusalueella 400–700 nm. Valon vaimenemisen mittaaminen (esim. Monitoimi-anturi Scan spectrolyser 200–750 nm)	Sameudesta voidaan laskea kiintoainepitoisuuden estimaatti. Kiintoaineelle vaaditaan havaintopaikkakohtainen paikalliskalibrointi. On kiinnitettävä huomiota paikalliskalibroinnissa käytettävään laboratoriomenetelmään, sillä kiintoainemääritykseen on käytössä useita erilaisia suodattimia, ja suodattimen valinta vaikuttaa laboratorion kiintoainetulokseen.	Sameus FNU >1 Kiintoaine > 3 mg/l Sameus FNU 0,5–1	±20 % ±0,2 FNU
Nitraatti-tyyppi (NO ₃ -N)	µg/l	Optinen: Tekniikka perustuu yleensä siihen, että nitraatti-ionit absorboivat UV-valoa tietyllä aallonpituudella (n. 220 nm) ja absorptio muunnetaan NO ₃ -N- pitoisuudeksi. Märkäkemia: Anturi ottaa sisäänsä vesinäytettä ja reagenssien kanssa kemiallisen reaktion avulla nitraatti-ioni muodostaa värillisen yhdisteen, jonka absorptio mitataan ja muunnetaan NO ₃ -N-pitoisuudeksi. Ioniselektiivinen elektrodi: Anturissa käytetään kahta elektrodia (vertailu- ja mittauselektrodi). Mittauselektrodi on varustettu kalvolla, joka kykenee sitomaan nitraatti-ioneja. NO ₃ -N ionien määrä tunnistetaan elektrodien välille syntyneen potentiaalieron avulla.	Optinen mittaus ei mittaa suoraan nitraattityyppiä, joten mittaus vaatii havaintopaikkakohtaisen paikalliskalibroinnin. Suurin rajoite on humusaineiden vaikutus optiseen mittaukseen. Luonnonvesien pienten pitoisuuksien (<200 µg/l; joillakin laitteilla jopa alle 2 mg/l) mittaaminen luotettavasti voi olla hankalaa optisella ja ioniselektiivisellä anturilla. Märkäkemiaan perustuvilla antureilla voidaan mitata myös alhaisempia pitoisuuksia. Kloridi, bromidi ja jodidi voivat aiheuttaa häiriötä mitattaessa ioniselektiivisellä elektrodilla. Märkäkemiaan perustuvat laitteet ovat usein kookkaita ja painavia (jopa 10–30 kg).	>13 µg/l 5–13 µg/l	±15 % ± 2 µg/l
Kokonais- orgaaninen hiili	mg/l	Optinen: Useita erilaisia mittaustapoja. Eräässä niistä hyödynnetään orgaanisten aineiden kykyä absorboida UV-valoa aallonpituudella 254 nm. Valon intensiteetti mitataan aallonpituuksilla 254 ja 550 nm ja näiden kahden välistä suhdetta käytetään mittaustuloksena ja se muunnetaan SAC-arvoksi (spektraalinen absorptiokerroin). Tämä on verrannollinen TOC-pitoisuuteen. Sähkökemiallinen: TOC-määritys perustuu liuoksen sähkönjohtavuuden mittaukseen ennen ja jälkeen näytteen hapetusta UV-säteilyn avulla.	Optinen mittaus ei mittaa suoraan orgaanista kokonaishiiltä. SAC-arvojen ja TOC-tulosten välinen suhde muuttuu näytematriisiin muuttuessa. Tämän vuoksi mittaus vaatii havaintopaikkakohtaisen paikalliskalibroinnin.	>2,5 mg/l 0,5–2,5 mg/l	±15 % ± 0,4 mg/l

Taulukko 1. jatkuu

Muuttujan nimi	Yksikkö	Mittausmenetelmä	Mittausmenetelmän rajoitteet ja/tai muut huomiot	Laboratoriomittaus*	
				Pitoisuusalue	Suositusmittaus-epävarmuus (suosituksesta puuttuu näytteenoton epävarmuus)
a-klorofylli	µg/l	Fluorimetrinen menetelmä, levien viherhiukkasten pigmentit absorboivat mittalaitteen lähettämää sinistä valoa ja siirtävät absorboimansa energian solujen a-klorofyllimolekyyleille. Osa energiasta vapautuu a-klorofyllimolekyyleistä punaisen valon fluoresenssina.	Elävän solun ja uutetun a-klorofyllin fluoresenssi eivät täysin vastaa toisiaan, sillä kaikki soluissa oleva a-klorofylli ei fluoresoi. Humusaineiden vaikutus taustasignaaliin voi olla merkittävä. Lisäksi levien fysiologinen tila ja olosuhteet, kuten valaistus ja lämpötila, vaikuttavat niiden fluoresenssiin, jonka vuoksi fluoresenssimittauksia on vaikea saada vastaamaan laboratoriomittauksia (Huotari & Ketola, 2014). Optinen mittaus vaatiikin havaintopaikkakohtaisen paikalliskalibroinnin.	>2 µg/l 1–2 µg/l	±20 % ±0,4 µg/l
Saliniteetti, salinometri	‰ tai PSU	Sähkökemiallinen		>1 ‰	±2 %
Fosfaattifosfori	µg/l	Märkäkemia: Anturi ottaa sisäänsä vesinäytettä ja reagenssien kanssa kemiallisen reaktion avulla fosfaatti-ioni muodostaa värillisen yhdisteen, jonka absorptio mitataan ja muunnetaan PO ₄ -P-pitoisuudeksi.	Haasteena voi olla luonnonvesien pienten pitoisuuksien (<10 µg/l) mittaaminen luotettavasti. Märkäkemiaan perustuvat laitteet ovat usein kookkaita ja painavia (jopa 10–30 kg).	5–20 µg/l >20 µg/l	±3 µg/l ±15 %
Ammoniumtyppi	µg/l Pitoisuusalue: 5–20 µg/l; epävarmuus ±3 µg/l Pitoisuusalue: >20 µg/l; epävarmuus ±15 %	Ioniselektiivinen elektrodi: Anturissa käytetään kahta elektrodia (vertailu- ja mittauselektrodi). Mittauselektrodi on varustettu kalvolla, joka kykenee sitomaan ammoniumioneja. NH ₄ -N ionien määrä tunnistetaan elektrodien välille syntyneen potentiaalieron avulla. Märkäkemia: Anturi ottaa sisäänsä vesinäytettä ja reagenssien kanssa kemiallisen reaktion avulla ammonium-ioni muodostaa värillisen yhdisteen, jonka absorptio mitataan ja muunnetaan NH ₄ -N-pitoisuudeksi.	Haasteena voi olla luonnonvesien pienten pitoisuuksien (<10 µg/l) mittaaminen luotettavasti. Märkäkemiaan perustuvat laitteet ovat usein kookkaita ja painavia (jopa 10–30 kg).		
CDOM		Optinen fluoresenssin mittaus ei mittaa suoraan liuenneen värillisen orgaanisen aineen pitoisuutta. Mittaus vaatii havaintopaikkakohtaista tarkastelua ja paikalliskalibrointia. CDOM absorptiolle ei voi osoittaa tiettyä aallonpituutta, vaan molekyylien monimuotoisuuden vuoksi absorptiospektri on eksponentiaalinen. Eri CDOM komponenteilla on niille ominaiset eksitaatio- (absorptio) ja emissiomaksimit, ja niitä voidaan siis näiden perusteella erotella toisistaan.	Optinen mittaus ei mittaa suoraan orgaanista ainetta, joten mittaus vaatii havaintopaikkakohtaisen paikalliskalibroinnin. Vedessä oleva värillinen aine häiritsee mittausta suurina pitoisuuksina, sillä se absorboi UV-valoa ja vähentää tämän kykyä tuottaa fluoresenssia.		

Jatkuvatoimista mittausta mietittäessä on selvittettävä voidaanko mittarilla saada tarvittavaa tietoa ko. mittauspaikasta eli onko esimerkiksi sameuden käyttö mahdollista kokonaisfosforin arvioinnissa. Siten ennen mittausten toteutusta onkin hyvä laskea saatavilla olevasta havaintoaineistosta korrelaatiot tarvittavista muuttujista riippuen esimerkiksi sameuden ja kiintoaineen, sameuden ja kokonaisfosforin sekä nitraattitypen ja kokonaistypen välillä. Meressä ja järvessä sameuden ja kiintoainepitoisuuden vaihtelu on jokiympäristöä huomattavasti pienempää, eikä jokien tulvatilanteita vastaavia äärimmäisiä arvoja havaita. Tämä heikentää sameuden ja kiintoaineen käyttöarvoa otantaan perustuvina apumuuttujina.

Virtavesissä on yleensä hyvä mitata myös veden pinnankorkeutta, josta voidaan laskea purkautumiskäyrän avulla virtaama. Isommissa mereen laskevissa jokiuomissa on virtaaman mittausasemia, joiden tuottamaa tietoa kannattaa hyödyntää.

Järvillä ja merialueilla säämittaukset lisäävät vedenlaatumittausten käytettävyyttä (esim. Kuha ym. 2016, Woolway ym. 2018) ja auttavat niiden tulkinnessa. Esimerkiksi poikkeuksellisen korkeat sameusarvot voivat johtua tuulen aiheuttamasta sedimentin resuspensiosta. Tällaisissa tapauksissa voidaan tuulitietoja seuraamalla välttää turhat huoltokäynnit. Paras ratkaisu olisi se, että sääasema sijaitsisi samalla alustalla kuin vedenlaadun mittauslaitteet. Jos sääasema joudutaan sijoittamaan maalle, tulisi sen sijaita rannalla tai saarella, riittävän etäällä puista ja rakennuksista. Säämuuttujista tärkeimmät ovat tuulen suunta ja nopeus sekä ilman lämpötila.

Mittalaitteen valintaan vaikuttaa paljon mittaustulosten käyttötarkoitus. Eri käyttökohteilla on erilaisia laatu- ja tarkkuusvaatimuksia (ks. myös kappale 2.3 Mittalaitteen laatuvaatimukset). Vaikkapa pH:n mittaaminen kalankasvatuksen yhteydessä on laitevaatimuksiltaan täysin erilainen kuin pH:n mittaaminen ilmastomuutoksen tutkimuksessa. Tulosten vertailtavuus asettaa myös omat vaatimuksensa laitteen valinnalle. Samaa muuttujaa, vaikka levämäärää, voidaan mitata monella eri teknikalla ja laitevalikoima on suuri. Jos halutaan verrata eri alueiden mittauksia tarkasti toisiinsa, pitää varmistua, että käytettävien laitteiden mittaustekniikat ovat yhtenevät. Joskus on jopa syytä käyttää aivan samaa laitetyyppiä tulosten vertailtavuuden varmistamiseksi.

Mittalaitteen valinnassa on huomioitava myös laitteen käytön kustannukset kuten asennus-, käyttö-, huolto- ja kalibrointikustannukset, käytön vaatima erityisosaaminen ja käytön tuen saatavuus. Mikäli mittalaitteen hankinta joudutaan kilpailuttamaan, on kilpailutus toteutettava huolellisesti, jotta saadaan omaan käyttötarkoitukseen parhaiten soveltuva laite. Hankintakäytännöistä on kerrottu lisää kappaleessa 7.

Nykyisin jatkuvatoimisilla mittauksilla yleisimmin arvioitavat muuttujat eri vesiympäristöissä (ks. myös taulukko 1).

Yleisimmin mitattavat muuttujat	Joki	Järvi	Meri
	Veden lämpötila	Veden lämpötila	Veden lämpötila
	Sameus	Sameus	Sameus
	Nitraattityppi	Nitraattityppi	Värillinen liuennut orgaaninen aines
	Orgaaninen hiili	Värillinen liuennut orgaaninen aines	a-klorofylli
	pH	pH	Fykosyaniini
	Happi	Happi	Sähkönjohtavuus
	Sähkönjohtavuus	a-klorofylli	
		Fykosyaniini	

2.3 Jatkuvatoimisten mittausten epävarmuuksia

Jatkuvatoimisten mittausten mittausepävarmuuden tunteminen on avainasemassa tulosten käyttökelpoisuuden kannalta. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden tuottamien tulosten epävarmuustarkastelussa ei tarvitse huomioida näytteen kuljetuksesta ja säilytyksestä aiheutuvia virhelähteitä. Yleisesti ottaen suurin epävarmuutta aiheuttava tekijä kenttätyöskentelyssä on näytteenotto- ja/tai mittausta paikan valinta, joka vaikuttaa suoraan näytteen tai mittauksen edustavuuteen. Myös näytteen siirto vesistöstä mittalaitteelle lisää mittauksen epävarmuutta ja vaikuttaa mittauksen edustavuuteen. Tämä tilanne on arvioitava, jos mittalaitteet on sijoitettu esimerkiksi rannalla olevaan koppiin ja vesi pumpataan sinne mittauksia varten.

Epävarmuutta mittaukseen tulee myös itse mittaustapahtumasta, jossa tuloksen oikeellisuuteen ja toistotarkkuuteen vaikuttavat anturin kunto (likaantuminen, lukeaman vaeltaminen, vasteaika, puutteellinen kalibrointi jne.) sekä vallitsevat olosuhteet näytteessä ja sen ympäristössä (mittausta häiritsevät yhdisteet näytteessä, näytetausta ja sen muutokset, mitattavan aineen pitoisuustaso vs. mittarin mittaustulosalue, näytteen virtausnopeus, lämpötila, valaistus jne.). Jatkuvatoimiseen mittaukseen liittyy kuitenkin vähemmän työvaiheita kuin laboratorioanalytiikkaan, mikä vähentää mittaus tuloksen epävarmuutta.

Nämä tekijät voivat vaikuttaa epävarmuuteen niin, että jatkuvatoimisen mittauksen kokonaisepävarmuus on pienempi kuin näytteenoton ja laboratorioanalyysin kokonaismittausepävarmuus. Työvaiheiden määrä ei kuitenkaan välttämättä korreloi mittausepävarmuuden kanssa. Tärkeää on miten ne hoidetaan. Edellytyksenä on, että mittaustoiminta on kokonaisuudessaan laadukasta. Mittausten laadunvarmistuksen kannalta on tärkeää arvioida mittalaitteen todellisessa käyttöympäristössä laitteen mittaustulosalue ja -epävarmuudet, eikä luottaa kritiikittä laitevalmistajan ilmoittamiin tietoihin (Björklöf ym. 2016).

Mittalaitteen suorituskyky (esim. määrittäysraja, mittausepävarmuus ja vertailu laboratoriotulokseen vaihtelevilla pitoisuustasoilla) on tutkittava tapauskohtaisesti aina, kun samaa laitetta käytetään uudentyyppisellä näytematriisilla ja/tai aikaisemmasta poikkeavalla pitoisuustasolla. Mittalaitteen suorituskyvyn testauksessa tulosta verrataan laboratoriotulokseen pitämällä laboratoriotulosta referenssiarvona. On kuitenkin huomiotava, että laboratoriotuloksen pitäminen ”oikeana arvona” voi olla ongelmallista, jos laboratoriotuloksen epävarmuus on suuri tai jos on epäily, että näyte muuttuu näytteenoton tai jatkuvatoimisen mittauksen suoritushetken ja laboratorioanalyysin välillä. Esimerkiksi SYKEssä käytössä olevalla mittalaitteiden testausalustalla näytteenoton, kuljetuksen ja säilytyksen vaikutus mittaus tulokseen pystytään minimoimaan suorituskykytestauksen yhteydessä.

Jos eri tekniikoilla mitatut tulokset eivät kuvaa samaa mittaussuuretta, kenttä- ja laboratoriomittauksessa saatujen tulosten vertailukelpoisuus on kyseenalainen. Tämä on todennäköistä esimerkiksi, jos toisella tekniikalla mitataan analyytin veteen liuennutta osuutta ja toisella veden sekä kiintoaineen sisältämää kokonaispitoisuutta, tai jos toisella tekniikalla mitataan valon absorptiota ja toisella sirontaa.

Mittalaitteen laatuvaatimukset

Mittalaitteen valinnassa on huomiotava mittaustuloksille asetetut vaatimukset. Mittaus tulosten tulee olla käyttökelpoisia siihen, mitä toimenpiteitä tai johtopäätöksiä tulosten perusteella halutaan tehdä; eli tähtäimessä tulisi olla mittalaitteen riittävä tarkkuus.

Jos mittauksen tavoitteena on havainnoida ainoastaan muuttujan suuruusluokkaa, myös suuremman mittausepävarmuuden (jopa 50 %) omaavat mittalaitteet voivat soveltua käyttöön erinomaisesti. Mikäli tarkoituksena on verrata mittaustulosta

ympäristölaatunormiin tai raja-arvoon, tulee mittalaitteen tarkkuus olla niin hyvä, ettei raja-arvotulkinnassa synny epäselvyyksiä eikä tehdä tulosten perusteella vääriä johtopäätöksiä. Lisäksi mittalaitteen määrittämissä (pienin luotettavasti mitattava pitoisuus) tulee olla näissä tapauksissa pienempi kuin raja-arvo; yleensä korkeintaan 30 % raja-arvosta.

Havaintopaikkakohtaiset pitoisuustasot tulisi voida huomioida tapauskohtaisesti, kun päätetään mittalaitteen soveltuvuudesta kyseiseen kohteeseen. Toisinaan havaintopaikalla mitattavien muuttujien pitoisuudet ovat aina niin suuria, että epäherkemmät eli korkeamman määrittämissä omaavat mittalaitteetkin ovat täysin käytökelpoisia. Mittalaitteen alhainen määrittämissä voi olla tarpeen esimerkiksi niissä vesistöissä, joissa mitattavat pitoisuudet ovat luontaisesti alhaisia tai tavoitteena on vesiensuojelutoimenpiteillä alentaa analyysin pitoisuustasoa nykyisestä tasosta.

SYKEN julkaisemissa ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävän tiedon laatusuosituksissa (Näykki & Väisänen 2016) mittausepävarmuudelle ja määrittämissä rajoille asetetaan tietyt vaatimukset. Jatkuvatoimisten mittareiden epävarmuuksien vertailu laatusuosituksiin on kuitenkin tehtävä harkiten, sillä on huomioitava, että SYKEN julkaisemista laatusuosituksista puuttuu näytteenoton epävarmuustekijä. Yleensä on-line-mittareiden epävarmuusarviot sisältävät näytteenoton epävarmuuden eikä tulosten epävarmuustarkastelussa tarvitse huomioida näytteen kuljetuksesta ja säilytyksestä aiheutuvia virhelähteitä. Näin ollen SYKEN laatusuosituksissa mainittuja epävarmuuksia suuremmatkin lukuarvot voivat olla perusteluja, mikäli näytteenoton epävarmuus sisältyy laskelmaan (huomioiden myös näytetyyppi ja mitattavan analyysin pitoisuustaso).

Mikäli käytetään vasta markkinoille tulleita uusia laitteita tai laitteita, joista ei ole Suomessa vielä maastokokemusta, suositellaan niille laboratoriotestausta riippumattoman testaajan toimesta. Testauksessa tai validoinnissa voidaan selvittää mm. laitteen mittausalue, toteamis- ja määrittämissä, satunnaisvirhe, systemaattinen virhe, mittalaitteen stabiilisuus ja mittausepävarmuus. Testauksista tulee laatia aina myös raportti. Testauksen yhteydessä tulisi myös selvittää, miten mittauspaikan ympäristöolot ja näytematriisi vaikuttavat laitteen toimintaan ja tuloksiin. Suomessa mittalaitteiden validointeja toteuttaa mm. SYKE.

3 Mittauspaikan valinta

Anturin ja mittauspaikan valintaa ohjaavat ensisijaisesti mittauksen tarkoitus ja jatkuvatoimiselle seurannalle asetetut tavoitteet. Siksi yksinkertaista vastausta siihen, mihin mittausasema tulisi sijoittaa, ei ole olemassa. Tiettyä vesiympäristöä edustavan yhden näytepisteen selvittäminen vaatii usein pitkäjänteisen selvitystyön. Paikan valinnan ja antureiden sijoittamisen päätavoitteena on löytää vakiintunut ja turvallinen sijaintipaikka, joka edustaa hyvin valittua vesiympäristöä. Mittausaseman sijoittaminen manuaalisen seurantapaikan yhteyteen on usein kustannustehokasta, sillä näin saadaan jatkuvatoimisten mittausten edellyttämää paikalliskalibrointitietoa ja mahdollisia lisäanalyysejä edullisesti. Lisäksi tällöin on tyypillisesti käytössä tietoa veden laadun pitkäaikaisesta vaihtelusta.

Virtavesissä anturi on aina asennettava riittävän kauas rannasta, jotta rantapenkeereen aiheuttamat pyörteet eivät vaikuta tuloksiin ja anturi saadaan riittävän syvälle. Asennuspaikan virtauksen on oltava mahdollisimman tasainen eikä anturin läheisyydessä saa olla sivu-uomia tai ilmakuplia aiheuttavia kuohuvia virtapaikkoja. Myös anturin lähellä olevasta ranta- ja vesikasvillisuudesta voi aiheutua virhettä mittaus-tuloksiin, jos kasvit ulottuvat anturin mittauskohdan eteen. Lisäksi asennuskohdassa uoman pohjan on oltava mahdollisimman tasainen, etteivät pyörteisyys tai esteet linssin mittauskentässä vaikuta tuloksiin. Mikäli mittari asennetaan uoman pohjaan, pitäisi se sijoittaa ja suojata siten, että se ei esimerkiksi peity mutaun, eivätkä virran mukana kulkevat oksat ja puunrungot veisi laitteistoa mukanaan tai katkoisi johtoja.

Ennen sijaintipaikan lopullista valintaa kannattaa tehdä vesinäytteisiin perustuvia uoman poikkileikkaustutkimuksia, joiden avulla saadaan selville kyseisen mitattavan muuttujan kannalta edustavin sijainti. Poikkileikkauksen eri pisteissä, horisontaalisesti ja syvyyssuunnassa, on tehtävä riittävät mittaukset, jotta saadaan selville vesipatsaan virtauskentän ja veden laadun vaihtuvuus eri virtausolosuhteissa. Näiden pohjalta voidaan valita mittalaitteen lopullinen, tarkka sijaintipaikka.

Lisätietoa virtavesissä tapahtuvan mittauksen paikan valinnasta löytyy mm. julkaisuista Wagner ym. (2006) ja Tattari ym. (2015).

Järvissä ja rannikkovesissä luontainen paikka asemalle on järven tai merialueen syväne. Muita mittausaseman paikkaa ohjaavia tekijöitä ovat esimerkiksi kuormituslähteen sijainti, tulouomien sijainti sekä ankkurointiin ja virransyöttöön liittyvät asiat. Mittalaitteita voidaan asentaa myös laivaan tai veneeseen, jolloin valintakriteereinä ovat asennuksen ja huollon asettamat vaatimukset sekä aluksen reitti. Profiloivien mittaussysteemien sijoitukseen vaikuttavat oleellisesti logistiset vaatimukset.

Kaikissa vesiympäristöissä huollon helppous kannattaa huomioida paikan valinnassa. Esimerkiksi järvillä ja merialueella, tuulille alttiilla paikalla, korkeampi aallokko voi merkittävästi haitata huoltotoimenpiteitä, eikä säännöllisestä huolto-ohjelmasta voida siksi aina pitää kiinni.



Kuva Lauri Arvola



Kuva Lauri Arvola

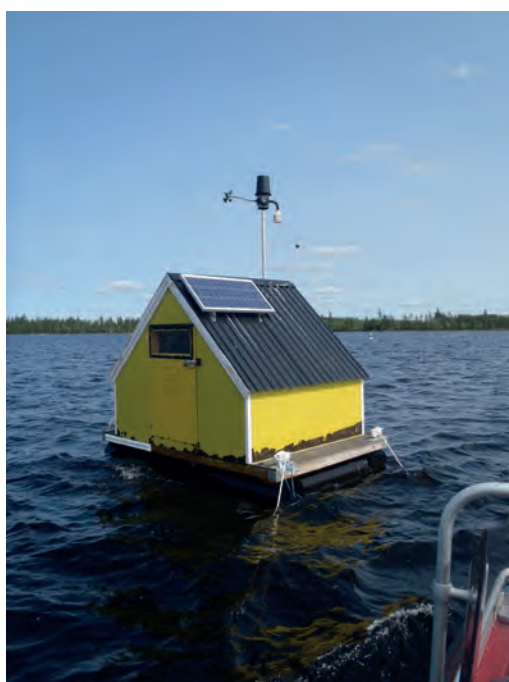


Kuva Seppo Virtanen

Kuva 2. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden asennusratkaisu.



Kuva Kaisa Lampinen



Kuva Jonna Kuha

Lisäksi on huomioitava lupa-asiat, koska laitteiden asennus avouomiin tai järviin/merialueille ei kuulu jokamiehen oikeuksiin. Merialueilla ja järvillä laitteiden asentaminen vaatii vesialueen omistajan luvan. Jokiuomissa vaaditaan maanomistajan lupa.

Järvelle tai merelle asennettavan mittausaseman suunnitteluvaiheessa tulee myös olla yhteydessä Liikenne- ja viestintävirastoon. Yleensä mittausasema pitää merkitä vesiliikenteen varalle (esim. erikoismerkit, valo, heijastava pinta). Pääsääntöisesti mittausasemaa ei saa sijoittaa väyläalueelle. Joissain tapauksissa mittausasema voi vaatia väyläpäätöksen tapaisen hallinnollisen päätöksen.

Muistilista:

- paikan edustavuus
- mittauspaikan saavutettavuus, mukaan lukien alueelle pysäköinti tai veneellä pääsy
- turvallinen ja riittävä tila huollon suorittamiseen
- mittausaseman kiinnitykset, ankkurointi, esteettömyys ja turvallisuus äärimmäisissä tapahtumissa (jäätyminen, tulvat tai voimakkaat tuulet)
- sähkön saatavuus ja GSM verkon kattavuus
- lupa-asiat

4 Aseman ylläpito ja huolto

4.1 Perushuolto

Toiminnan tarkastaminen, mittarin puhdistaminen

Jatkuvatoimiset vedenlaadun mittausasemat tarvitsevat **huoltoa**, johon sisältyy mm. erilaisia puhdistustoimenpiteitä sekä aseman virransaannin varmistamista (paristot, akut, aurinkokenno, sähköliittymä). Huollon yhteydessä tarkistetaan aseman yleinen kunto ja mittalaitteiden kiinnitykset sekä puhdistetaan laitteet ja laitteissa olevat anturit kunkin anturityypin mukaisesti.

Optiset mittalaitteet tarvitsevat aina huoltoa, vaikka niissä olisikin automaattinen puhdistusmenetelmä. Antureihin voi kertyä mittausta häiritsemään biologista kasvustoa, virran mukana kulkevaa kasvillisuutta tai muuta ainesta, jota automaattinen puhdistus ei kykene poistamaan. Markkinoilla olevissa laitteissa on erilaisia automaattisia puhdistusmenetelmiä, joista yleisimpiä ovat tällä hetkellä paineilmapuhdistus sekä erilaiset mekaaniset harjat ja pyyhkimet. Huollon yhteydessä paineilmapuhdistuksessa käytettävät paineilmapullot tai kompressorit, venttiilit ja letkut sekä mekaaniset puhdistusvälineet tarkistetaan, huolletaan ja tarvittaessa vaihdetaan.

Lisäksi voi olla kemiallisia antifouling -käsittelyjä, joiden avulla laitteiden anturit ja optiset ikkunat pidetään puhtaina. Edistyneissä pintaveden mittausasemissa voi olla erillinen puhdistuslaitteisto, joka tietyn väliajoin pumppaa pesuliuosta laitteiston sisäiseen kiertoon. Antifouling-käsittelyn avulla voidaan pienentää huoltoväliä, mutta se ei kokonaan poista huollon tarvetta.

Optisten mittalaitteiden **huoltoväli** riippuu pitkälti mitattavasta kohteesta ja vuodenaikasta. Laitteet likaantuvat kasvukaudella lämpimän veden aikaan herkemmin kuin kylmänä vuodenaikana. **Virtavesissä** yleensä pienissä uomissa huollon tarve on tiheämpi kuin isoissa jokikohteissa. Avovesikaudella pienissä uomissa on varauduttava huoltotehtäviin lähes viikoittain, vaikka antureissa olisikin automaattisia puhdistusmekanismeja. Talvella huoltotarve isoissa uomissa on yleensä vähäinen. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kokemusten mukaan savisameissa jokikohteissa sopiva huoltoväli on kesällä 2 viikkoa ja talvella noin kerran kuukaudessa. Kohteissa on paineilmapuhdistuksella toimivat laitteet.

Järvi- ja meriympäristöissä profiloivat mittalaitteet sijoitetaan usein syvään veteen mittausten väliseksi ajoiksi. Tuottavan kerroksen alapuolella laitteiden likaantuminen vähenee ja sen myötä myös huoltoväli pitenee. Säkylän Pyhäjärvellä, jossa mittalaitteet sen sijaan ovat tuottavassa kerroksessa noin 1 m syvyydessä, huoltoväli on ollut 1-2 viikkoa. Laitteet likaantuvat eniten kasvukaudella lämpimän veden aikaan ja virtavesissä talviaikana huoltoväli pitenee. Järvillä ja merellä mittarit otetaan yleensä talveksi pois käytöstä.

Puhdistuksen jälkeen on aina seurattava tuloksia, jotta havaitaan mahdolliset puhdistuksesta johtuvat pitoisuustason muutokset. Mikäli puhdistus vaikuttaa tuloksiin,



Kuva Jari Koskiahio



Kuva Pia Mattila-Lonka



Kuva 3.
Mittalaitteiden
huoltoa.

Kuva Marjo Tarvainen

on se yleensä merkki liian pitkästä huoltovälistä tai puhdistuksen yhteydessä tapahtuneesta mittarin paikan, esimerkiksi mittausvyöyden, vaihtumisesta.

Huollon helpottamiseksi voidaan talvella asentaa mittausavannon kanneksi esimerkiksi styrox -levyjä. Levyn päälle voi vielä lapioida lunta eristeeksi. Myös lämpökaapeleiden käyttö helpottaa jäisenä kautena asemien huoltamista. Mittarista tulevat kaapelit on tärkeää muistaa suojata, jotta ne eivät jäädy jäähän kiinni. Suurimmat ongelmat esiintyvät optisilla mittalaitteilla siinä vaiheessa, kun jäät lähtevät liikkeelle tai jäätyminen alkaa ja vedessä esiintyy jääsohjoa tai alijäähtynyttä vettä.

Huollon tarve määräytyy lopulta aina paikkakohtaisesti ja paikalta kertyneen mittauskokemuksen myötä. Reaaliaikainen mittautulosten tiedonsiirto helpottaa ja nopeuttaa huollon tarpeen ja vikatilanteiden havaitsemista.

Huoltopäiväkirja

Mittausasemalla käynnin yhteydessä on tärkeää tehdä huolelliset **muistiinpanot** tehdyistä toimenpiteistä, kellonajoista ja mitattaviin muuttujiin vaikuttavista tekijöistä, joita havaitaan paikalla. Tällaisia voivat olla esimerkiksi veden poikkeuksellinen sameus, eläinten jäljet, poikkeava haju ympäristössä, pelloilla tehtävät maanmuokkaukset sekä muut merkit toimenpiteistä, joilla voi olla vaikutusta vedenlaatuun. Hyvät muistiinpanot helpottavat usein merkittävästi aineiston käsittelyä ja sen laadun arviointia. Suositeltavaa on pitää sähköistä huoltopäiväkirjaa, johon kaikki asianosaiset pääsevät. Tämä varmistaa tiedonkulun maastosta aineiston käsittelijälle.

Vian etsintä ja ongelmien korjaaminen

Mittalaitteiden toimintaviat näkyvät poikkeavina tuloksina tai aineistoa ei tule lainkaan. Yleensä poikkeavat tulokset johtuvat mittalaitteiden likaantumisesta, joten ensimmäinen toimenpide on käydä huoltamassa laitteet. Aineiston puuttuminen johtuu yleensä virransaannin ongelmista tai lähettävien laitteiden toimintahäiriöistä, jotka voivat aiheutua mm. salamaniskuista. Vian etsintä edellyttää aina hyvää asiantuntemusta aseman laitteistojen toiminnasta. Mikäli vikaa ei löydetä paikan päällä, voidaan laitteet lähettää laitetoimittajalle tarkempaan tarkastukseen ja vianetsintään. Tärkeissä mittauspaikoissa on mittauksen häiriöttömän jatkumisen kannalta hyvä olla mahdollisuus korvaavan laitteen käyttöön.

4.2 Laitteen peruskalibrointi

Peruskalibroinnissa selvitetään, miten laite mittaa suhteessa tunnettuun referenssiin. Kalibroinnilla selvitetään siis mittarin lukeman poikkeama tunnetusta standardiliuoksen pitoisuudesta. Tietyin väliajoin, esimerkiksi vuosittain, anturin nollakohta on tarkistettava ns. 0-liuoksella ja kalibrointisuoran kulmakerroin eri pitoisuudet omaavilla standardiliuksilla. Tapauskohteisesti on harkittava, riittääkö yhden pisteen kalibrointi vai tehdäänkö useamman eri pisteen kalibrointi. Usean pitoisuudeltaan erilaisen standardiliuoksen käyttöä puoltaa se, että niiden avulla voidaan selvittää kalibrointiyhtälön lineaarisuus. Kalibroinnissa on aina syytä noudattaa laitetoimittajan ohjeita. Laittevalmistajien välillä on eroja esimerkiksi suositeltavissa kalibrointiväleissä, käytettävissä kalibrointiliuksissa, niiden säilyvyydessä sekä kalibrointilämpötiloissa.

Kun kaksi saman laitevalmistajan samanlaista anturia kalibroidaan samalla standardiliuksella, niin mittaustuloksiin vaikuttavat lähinnä vain satunnaisvirheet. Eri valmistajien laitteissa mittauseriaate voi olla erilainen. Saattaa olla, että ne näyttävät kalibrointistandardille samaa tulosta, mutta luonnonvedessä häiriöitä aiheuttavat aineet voivat vaikuttaa eri lailla eri valmistajien mittalaitteissa, ja tulokset ovat erilaiset.

Anturit ovat useimmiten tehdaskalibroituja. Kun laite on hankittu, voidaan ennen mittarin käyttöönottoa varmistaa yhteistyössä laboratorion kanssa laitteen soveltuvuus tutkittavalle näytetyypille ja tutkittaville pitoisuustasoille. Tutkimuksessa voidaan varmistaa soveltuvan mittausalueen määrittely, mittauksen alarajan laskeminen ja mittauserpätävyyden laskenta. Tämä on syytä tehdä erityisesti silloin, kun kyseessä on uusi malli/merkki tms. josta ei ole aiempaa kokemusta Suomen olosuhteissa. Vaihtoehtoisesti voidaan edellyttää hankintaa kilpailutettaessa, että laitetoimittaja osoittaa mittalaitteiden soveltuvuuden tutkittaville pitoisuuksille ja näytetyypeille.

Peruskalibroinnin lisäksi on aina tehtävä myös ns. mittauspaiikkakohtainen kalibrointi, jolla varmistetaan anturin tuottaman aineiston luotettavuus juuri siinä paikassa, johon anturi on päätetty sijoittaa. Anturin mittaamiin arvoihin nimittäin vaikuttavat voimakkaasti kullekin mittauspaiikalle ominaiset tekijät, kuten mm. vedessä

olevien partikkeleiden koko ja muoto, kasviplanktonlajisto sekä veteen liunneen orgaanisen aineen (humus) määrän säätelemä veden väri (huollosta lisää kappale 4.1).

Kalibroinnin oikeellisuutta on seurattava mittausjakson aikana vesinäytteiden avulla. Jatkuvat toimisen mittaustoiminnan harjoittajan on kehitettävä kriteerit sille, milloin kalibroinnin katsotaan olevan voimassa ja milloin se on uusittava. Kalibroinnin päivityksen yhteydessä on syytä pohtia seuraavia asioita:

- Yksittäisten vesinäytteisiin perustuvien mittausten poikkeama mittarin antamasta tuloksesta: onko sille asetettavissa jokin kiinteä raja? Jos raja ylitetään, tehdäänkö uusi vertailu vai uusitaanko kalibrointi?
- Peräkkäisten vesinäytetulosten jakauma: ovatko vesinäytetulokset aina suurempia tai pienempiä kuin mittarin antama tulos, ja jos ovat, niin kuinka monta peräkkäistä tällaista tulosta sallitaan? Missä vaiheessa virheen katsotaan olevan systemaattinen?
- Ovatko vertailumittauksien tulokset muuttumassa siten, että esim. vesinäytteiden tulokset olivat alun perin mittarin antamaa tulosta suurempia, mutta ovat siirtymässä mittaritulosta pienemmäksi? Tällainen lineaarinen muutos voi kertoa mittarin toiminnan muutoksesta.

5 Mittausaineiston käsittely

5.1 Mittauspaikkakohtainen vesinäytteisiin perustuva kalibrointi

Luotettava mittauspaikkakohtainen kalibrointi, josta käytetään myös nimitystä paikalliskalibrointi tai validointi, on ensiarvoisen tärkeää, kun halutaan taata datan hyvä laatu. Mittauspaikkakohtaiseen kalibrointiin tarvittavien vertailuvesinäytteiden määrä ei ole yksiselitteinen. Hyvässä kalibrointiaineistossa tulisi olla havaintoja mahdollisimman laajalta vaihteluväliltä, eli käytännössä kalibrointinäytteitä otetaan mahdollisimman erilaisissa olosuhteissa ja kaikkina mittausjakson vuodenaikoina (Arola ym. 2012). Kalibrointinäytteiden määrän tulisi olla riittävän suuri ja kattava, erityisesti pitoisuusalueen ylä- ja alapäässä.

Kalibrointinäytteet tulisi ottaa mahdollisimman läheltä mittaria, jotta vesinäytteen laboratoriotulos ja mittaritulos olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia. Lisäksi vesinäytteen kuljetukseen, säilytykseen ja laboratorioanalyysiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä monet analyytit ovat epästabiileja ja niiden pitoisuus voi muuttua jopa tunneissa.

On myös huomattava, että joissakin tapauksissa jatkuvatoiminen mittaus ja vesinäytteestä tehty laboratoriomittaus perustuvat täysin erilaisiin menetelmiin. Tällöin tulosten korrelaatioon vaikuttaa menetelmien välisen muuntokertoimen vaihtelu. Esimerkiksi klorofyllin fluoresenssimittaus voi osoittaa alhaista levämäärää, vaikka laboratoriomittauksen perusteella määrä on korkea. Kyseessä ei ole välttämättä laitevika, vaan leväyhteisön koostumuksen tai fysiologisen tilan muutos. Tällöin leväsolujen pigmentin fluoresenssin ja analyttisesti mitatun pitoisuuden suhde muuttuu, eikä olemassaoleva kalibrointikäyrä enää päde (ks. kuva 5).

Virtavesissä vesinäytteenoton on havaittu ajoittuvan pääsääntöisesti alivirtaamakauteen, koska valunnan kasvu ja sitä seuraava pitoisuuden nousu on ilmiönä lyhytaikainen eikä näytteenottaja yleensä ehdi paikalle ajoissa. Näytteenotossa voitaisiinkin nykyistä enemmän suosia **automaattista, ohjelmoitavaa näytteenotinta**, jolloin eri valuntatilanteet saataisiin paremmin kiinni (Tarvainen ym. 2017). Tarkemmin virtavesissä tapahtuvan mittauksen paikkakohtaisesta kalibroinnista on kerrottu Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen - käytännön oppaassa (Tattari ym. 2015)

Meri- ja järviolueilla pitoisuusmuutokset ovat yleensä jokiympäristöä pienempiä. Täten vesinäytteenotossa on olennaista pyrkiä näytteenoton ajalliseen tasaisuuteen siten, että peräkkäisten näytteenottojen väli ei vaihtelee paljon. Profiloivien laitteiden paikalliskalibrointinäytteiden osalta näyte pitäisi saada otettua vesikerroksesta, jossa pitoisuusvaihtelut ovat pieniä, jotta niiden vertailtavuus profiloivaan mittariin olisi luotettavaa. Kasviplanktonlajisto ja täten lajiston pigmenttikoostumus vaihtelee kasvukauden aikana, mikä vaikuttaa klorofyllin kalibrointiin. Jatkuvatoimisissa mittauksissa voi näkyä myös poikkeuksellisen korkeita klorofyllipitoisuuksia kasviplank-



Kuvat Marjo Tarvainen

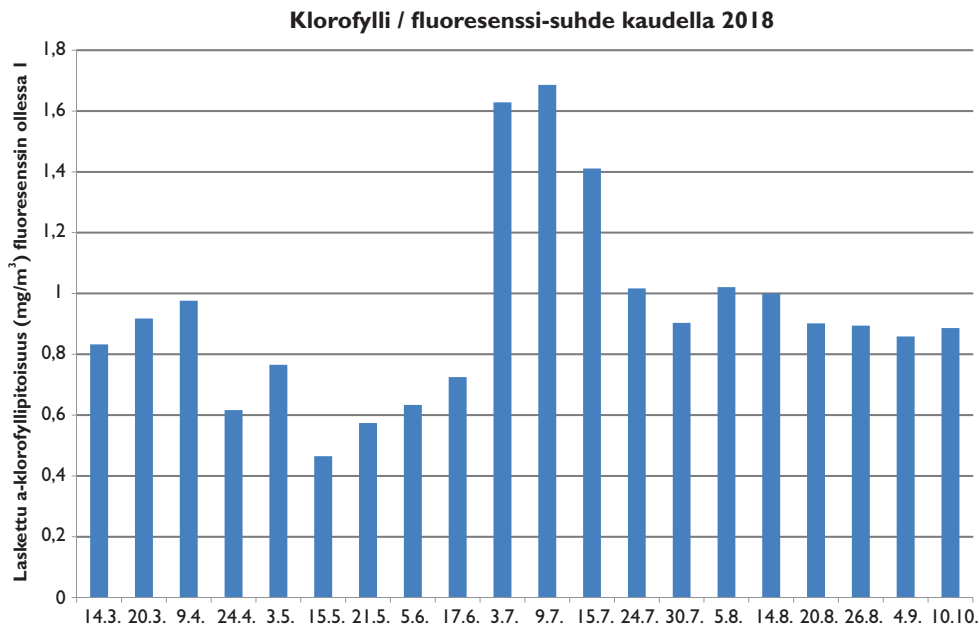


Kuva Sirkka Tattari

Kuva 4. Esimerkkejä vesinäytteenotosta.

tonkukinnan aikana tai korkeita sameusarvoja jokivesien leviämisen vaikutuksesta, jolloin vesinäyte olisi hyvä saada otettua.

Kalibroinnin tavoitteena on selvittää, kuinka hyvin laboratorionäytteiden ja anturimittausten tulokset korreloivat keskenään. Yleensä riippuvuus oletetaan lineaariseksi ja muodostetaan yhden selittävän muuttujan regressiomalli. Regressiokäyrää ei yleensä tule pakottaa kulkemaan nollan kautta, vaan vakio-termi otetaan yhtälöön mukaan.



Kuva 5. A-klorofyllipitoisuuden ja klorofyllifluoresenssin suhde vaihtelee kasvukauden aikana kasviplanktonin lajikoostumuksen mukaan. Tässä esimerkissä kalibrointi on muotoa: laskettu a-klorofyllipitoisuus = kerroin * a-klorofyllin in vivo -fluoresenssi.

Kun aineistoa kertyy riittävästi, kalibrointiyhtälölle lasketaan myös korrelaatiokerroimen selitysaste (R^2), joka kertoo, kuinka suuren osan anturituloksen vaihtelusta laboratoriotulos selittää. Mikäli aineistossa on poikkeavia, kaukana regressiosuorasta olevia havaintoja, ne heikentävät yhtälön selitysastetta.

Poikkeuksena yhden muuttujan regressiomallista, järvillä ja merialueilla käytetään kesäaikaan a-klorofyllipitoisuuden kalibroinnissa usean muuttujan mallia, jossa selittävänä muuttujana on klorofyllin fluoresenssin lisäksi fykosyaniinin fluoresenssi (Seppälä ym. 2007). Klorofyllikalibroinnin haasteita on kuvattu ”Jatkuvatoiminen levämäärien mittaaminen” -raportissa (Huotari ja Ketola 2014).

5.2 Alustava datan käsittely

Mittausaineiston käsittely on tärkeä osa laadukasta jatkuvatoimista vedenlaadun mittausta. Mittalaitteiden hankinnan yhteydessä on hyvä tiedostaa, tarjoaako laitetoimittaja laadunvarmistusta vai jääkö aineiston käsittely kokonaan tai osittain työn tilaajan tai mittauksen suorittajan tehtäväksi. Aineistojen laadunvarmistus on vaativaa työtä, joka edellyttävä hyvää asiantuntemusta myös itse mittauslaitteista ja mittausympäristöstä. Laadunvarmistukseen kannattaa panostaa, jotta saadaan mahdollisimman luotettavaa aineistoa.

Mittausaineiston käsittely aloitetaan alustavalla datan arvioinnilla. Tähän voi olla käytettävissä automaattisia datan laadunvalvonta- ja laatuleimausjärjestelmiä, joihin voidaan kytkeä myös häiriöilmoitusten lähetys. Tällainen oli käytettävissä mm. MaaSää -hankkeessa (Huitu, 2009). Automaattiset järjestelmät ovat hyviä apuvälineitä isojen aineistojen käsittelyssä, mutta toistaiseksi laadunvarmistusta ei voi jättää pelkästään automatiikan varaan, vaan aineistot edellyttävät myös asiantuntijan tekemän tarkastuksen. Aineistojen tarkastusrytmi riippuu mittausten tarkoituksista ja reaaliaikaisuuden vaatimuksista. Tiheimmillään alustavaa laaduntarkastusta tehdään useita kertoja päivässä, mutta monissa tilanteissa harvempikin seuranta on riittävää, esimerkiksi muutaman päivän välein. Virtavesissä vedenlaadun vaihtelut voivat olla nopeita, joten tiheä tarkastusrytmi on usein perusteltua, mutta järvi- ja

meriolosuhteissa vaihtelut ovat tyypillisesti paljon hitaampia, jolloin harvempikin tarkastus on riittävä. Tietyissä tilanteissa myös järvi- ja merialueella voi tiheämpi tarkastus olla paikallaan, esimerkiksi sinileväkaudella. Esimerkiksi Säkylän Pyhäjärvellä tarkastusväli on ollut kesällä 2–3 päivää. Tarkastusrytmiin vaikuttaa luonnollisesti myös tiedonsiirron nopeus eli kuinka usein aineistot siirtyvät asemalta tietokantoihin.

Muistilista datan tarkastukseen (Kotamäki ym. 2009):

1. Silmäile mittalaitteen tuottamaa dataa usein
2. Ota käyttöön automaattisia testejä
 - puuttuvan datan testi
 - raja-arvotesti
 - vaihtelun testaus
 - piikkien testaus
3. Reagoi nopeasti hälytyksiin
4. Kirjoita muistiin hälytyksestä aiheutuneet toimenpiteet
5. Dokumentoi datan laatuun vaikuttavat asiat
6. Säilytä huoltoon liittyvät tiedot datan yhteydessä

Alustavan laadunvarmistuksen yhteydessä poistetaan mm. selvästi virheelliset mittaustulokset sekä tarkistetaan mittaustulosten mahdollinen ryömiminen. Jälkimmäinen voi usein selvitä vasta seuraavan huollon yhteydessä, joten alustavassa datan arvioinnissa on katsottava myös hieman pidempää mittaussjaksoa. Mittaustulosten ryömisestä on jälkikäteen hankala korjata, mutta on kuitenkin joissakin tapauksissa laskennallisesti mahdollista. Nitraatin osalta laskukaavoja on esitetty (esim. Pellerin ym. 2013) (ks. kuva 6).

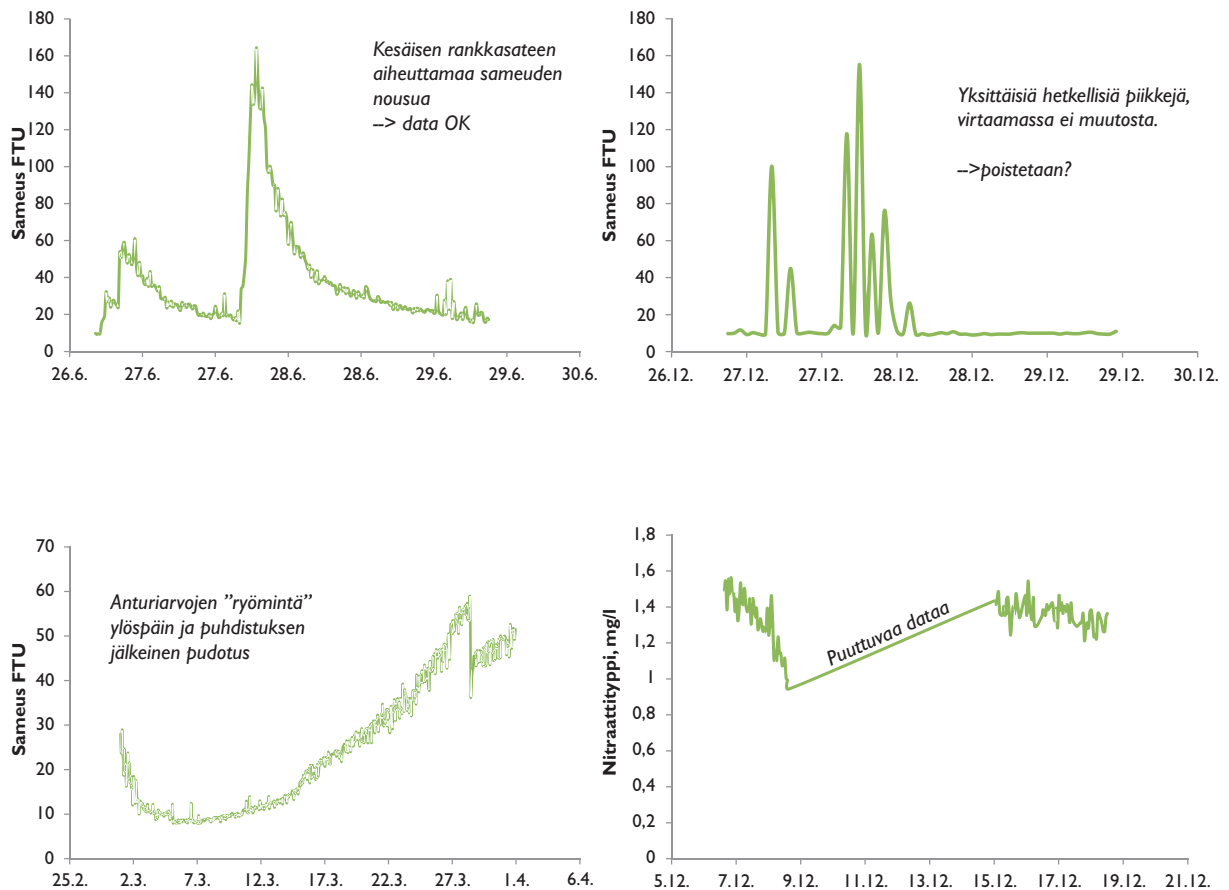
Poikkeava tulos ei ole automaattisesti virheellinen tulos, joten poikkeavat tulokset voivat toisinaan vaatia taustojen ja syiden selvittelyä sekä paikalta kerättyyn muuhun aineistoon turvautumista. Yleispätevää ohjetta virheellisen tuloksen tunnistamiseen on vaikea antaa, mutta tyypillisesti ne ovat yksittäisiä selvästi muusta aineistosta poikkeavia ns. piikkejä. Mittausympäristön hyvä tuntemus pitkältä ajalta auttaa näiden tulosten arvioinnissa.

Laaduntarkastus on suositeltavaa tehdä mahdollisimman pian mittauksen jälkeen, koska se helpottaa datan laadun arviointia. Myöhemmin voi olla vaikea selvittää, mistä virheellinen mittaustulos johtuu. Selkeästi virheelliset mittaussarvot voidaan poistaa kokonaan (eli niitä ei jätetä edes raakadataan). Tällaisia tilanteita ovat esim. jos mittari on nostettu rannalle tai se on rikkoutunut. Tulosten poistamiselle tulee kirjata perustelut.

Laadunvarmistusta voitaisiin edelleen tehostaa luomalla monitoimianturin mittaamista eri pitoisuustason vesinäytteiden spektreistä ns. tyyppispektrikirjasto. Tätä tietoa voisi jatkossa hyödyntää jatkuvatoimisten mittausten automaattisessa laadunvarmennuksessa. Mittauksia verrattaisiin jatkuvasti olemassa olevaan kirjastodataan ja mikäli spektrin muoto poikkeaa vertailussa esimerkksispektristä, voitaisiin se liputtaa ja ottaa tarkempaan tarkasteluun. Tämä käytäntö vaatii kuitenkin uudenlaisia ohjelmistoja, joita Suomessa ei ole yleisesti käytössä.

Kuvassa 6 on esitetty esimerkkejä sekä virheellisistä tuloksista että todellisista tuloksista erilaisissa pitoisuuden nousutilanteissa jokiympäristöissä.

Merialueelta kerätyissä viranomaistoiminnan jatkuvatoimisissa mittauksissa noudatetaan yleensä eurooppalaisten tietokantojen laatuleimausjärjestelmää. Copernicus



Kuva 6. Esimerkkejä jatkuvatoimisen vedenlaadun mittauksen tuloksista, jotka ovat laadultaan hyviä, ja ongelmatapauksista joita esiintyy yleisesti.

Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)-ohjelma kerää operatiivista meritietoa ja aineistojen laatuleimauksesta, muuttujien nimeämisestä ja laadunvarmistuksen suorittamisesta on annettu tarkkaa ohjeistusta (Jaccard ym. 2018). CMEMS-laatu-leimausjärjestelmässä on 9 eri tasoa, mutta yleensä leimauksessa käytetään taulukon 2 mukaisia leimoja. Oleellista tässä leimauksessa on, että jos laatuleiman taso ei ole QC=1, niin aineiston käyttöön pitää suhtautua varauksella.

Taulukko 2. Yleisimmät CMEMS-laatuleimat Jaccard ym. (2018) mukaan.

Laatuleima	Selitys
QC=0	Aineistoa ei ole laadunvarmistettu
QC=1	Aineisto on laatuvarmistettu ja käytettävissä turvallisesti
QC=2	Aineisto voi olla hyvää joihinkin tarkoituksiin ja käyttäjän tulee varmistaa tämä
QC=3	Aineisto ei ole käyttökelpoista, mutta aineiston korjaaminen voi olla mahdollista myöhemmin
QC=4	Käyttökelvoton aineisto

Virtavesipuolella laatuleimausjärjestelmä ei yleisesti ole käytössä. Tietojärjestelmiin viedään yleensä vain hyvä data ja epävarma ja huono data säilytetään ainoastaan raakadatassa. Tätä käytäntöä puoltaa se, että tiedon käyttäjä ei yleensä tarkastele liputustietoja, vaan olettaa aineiston hyvätasoiseksi, kun se on viety tietojärjestelmään.

5.3 Johdettavat muuttujat

Muuntoyhtälöiden avulla voidaan laskea mittarilla mitatusta muuttujasta sellaisen muuttujan pitoisuus, jota ei voida suoraan mitata. Muuntoyhtälöt mahdollistavat siten vedenlaadun seuraamisen muidenkin kuin suoraan mittarilla mitattavien muuttujien osalta. Ne ovatkin sen takia hyvin yleisesti käytettyjä esim. joken ainevirtaamien laskennassa.

Muuntoyhtälöt ovat yleensä regressioyhtälöitä. Tässä laatukäsikirjassa käsitellään pääasiassa yhden selittävän muuttujan regressiomallia. Tapauskohteisesti voidaan käyttää myös useamman muuttujan malleja. Muuntoyhtälön käytön edellytyksenä on, että mitatun ja johdettavan muuttujan välillä on vahva korrelaatio. Lisäksi yhteyden tulee olla hydrologiselta, limnologiselta tai biologiselta kannalta katsottuna mielekäs eli yhteydelle on luonnollinen selitys. Esimerkiksi savisameissa vesissä veden sameus korreloi voimakkaasti kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuuden kanssa, jolloin sameutta voidaan käyttää sijaismuuttujana. Samoin nitraattityppi, jota voidaan mitata jatkuvatoimisesti, korreloi yleensä voimakkaasti veden kokonaistyyppipitoisuuden kanssa. Tilanteissa, joissa liukoisin fosforin osuus on suuri, muuntoyhtälön käyttö kokonaisfosforin laskentaan sameudesta ei ole suositeltavaa. Sama pätee tilanteeseen, jossa ammoniumtyypin osuus on suuri. Silloin jatkuvatoiminen nitraattityppimittauksen käyttö kokonaistyyppien laskentaan ei ole suositeltavaa.

Mikäli sameuden ja kokonaisfosforin välinen riippuvuus on huono, voidaan sameutta kuitenkin käyttää partikkelifosforin (= kokonaisfosfori – liuennut fosfori) pitoisuuden laskentaan. Tulosten käyttäjän on siis oltava tietoinen muuntoyhtälöllä lasketun muuttujan laskentatavasta ja siitä mitä tulos edustaa.

Muuntoyhtälön muodostaminen

Muuntoyhtälöiden muodostamista varten tarvitaan laboratoriossa analysoituja vesinäytteitä. Muuntoyhtälöt lasketaan regressioanalyysin avulla samaan tapaan kuin edellä kuvattu kalibrointiyhtälö (ks. 4.2).

Muuntoyhtälöiden muodostamisessa on havaittu olevan erilaisia käytäntöjä. Esimerkiksi jatkuvatoimisesti mitattua sameutta on muunnettu kokonaisfosforiksi ainakin kolmella eri tavalla:

1. Laboratoriossa vesinäytteistä analysoidun kokonaisfosforin ja sameuden välille muodostetaan yhtälö. Kokonaisfosforiaikasarjan laskemista varten yhtälöön sijoitetaan jatkuvatoimisesti mitatut kalibroidut sameusarvot.
2. Käytetään paikallisoloihin kalibroituja mittarisameutta ja vesinäytteestä mitattua kokonaisfosforia ja muodostetaan näiden välille yhtälö.
3. Käytetään mittarista saatua raakasameutta ja laboratoriossa vesinäytteestä analysoidua kokonaisfosforia ja muodostetaan näiden välille yhtälö. Tällöin voidaan puhua sameuden kalibroinnista kokonaisfosforiksi.

Erilaisten laskentatapojen vaikutusta tulosten luotettavuuteen ei ole vielä tarkemmin selvitetty, joten toistaiseksi suositellaan, että laskentatapa tulisi aina ilmoittaa. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää raakadataa, koska silloin vähennetään aina aineiston muuntamisen yhteydessä tulevaa epävarmuutta.

Muuntoyhtälöiden yleispätevyydestä erilaisiin vesistöihin ei ole vielä riittävästi tietoa, joten toistaiseksi **suositellaan aina mittauspaiikkakohtaista yhtälöiden muodostamista**. Mittalaitteiden laadunvarmistamiseksi joudutaan joka tapauksessa ottamaan säännöllisesti vertailuvesinäytteitä, joten muuntoyhtälöiden muodostamisessa tarvittavien muuttujien analysointi ei muodosta merkittävää lisäkustannusta. Huomattavaa on myös se, että eri laitemerkkien ja laiteyksilöidenkin suorituskyvyn välillä voi olla eroja. Täten samallakin mittauspaiikalla on tarpeen tarkistaa muuntoyhtälöt laitteen vaihdon yhteydessä.

Muuntoyhtälöiden käyttämiseen liittyy aina epävarmuutta, joka tulee huomioida tuloksia käytettäessä. Regressioyhtälön selityssasteeseen kannattaa ja pitää kiinnittää huomiota. Suositusta riittävän korkeaksi selityssasteeksi ei kuitenkaan voida nykytietämyksen valossa vielä antaa ja se on osin myös muuttujakohtainen. Lisäksi yhtälön epävarmuus voi vaihdella sen mukaan, millä pitoisuusalueella liikutaan. Samoin kuin paikkakohtaisessa kalibroinnissa (kappale 4.1) myös muuntoyhtälöiden muodostamisessa vesinäytteiden osuvuus erilaisiin pitoisuustilanteisiin sekä niiden määrä on ratkaisevan tärkeää yhtälön luotettavuuden kannalta. Hyvin usein poikkeava mittaustulos (sekä mittarin että laboratorioanalyysin tulos) hylätään virheellisenä. Mittaustulosta ei kuitenkaan voi hylätä ilman perustetta. Täysin poikkeavia arvoja ei yleensä kuitenkaan kannata ottaa mukaan yhtälömuodostukseen. Jos näin tehtäisiin, yhtälö todennäköisesti yli- tai aliarvioisi ns. normaaleja pitoisuustilanteita (Tarvainen ym. 2017).

Yhtälöitä muodostettaessa on kiinnitettävä huomiota myös yhtälön lineaarisuuteen ja suoritettava residuaalitarkastelu, jonka avulla voidaan saada varmuus siitä kuvaako malli muuttujien välistä yhteyttä. Residuaalitarkastelua on syytä tehdä myös käyttäen hyväksi muita mitattuja muuttujia, jolloin voidaan havainnoida, miten eri tekijät vaikuttavat muuntoyhtälöön. Mikäli käytetään monen selittäjän regressioita, apumuuttujien käytön pitää perustua todelliseen riippuvuuteen. Tärkeintä on kuitenkin aina esittää käytetty muuntoyhtälö sekä se, mihin aineistoon yhtälö perustuu. Ajoittain on myös hyvä tarkistaa muuntoyhtälön toimivuus eli muuttavatko uudet vesinäytetulokset yhtälöä.

5.4 Lopullinen datan käsittely

Lopullisella datan arvioinnilla ja tarkastamisella tarkoitetaan sitä, että tietyin väliajoin mitta-aineistoa tarkastellaan kokonaisuutena pidemmältä ajanjaksolta. Tämä voi tapahtua mittaustoiminnan loputtua, jos kyseessä on ollut projektiluonteinen mittaustoiminta. Mikäli kyseessä on pysyvä mittausasema, niin tarkastus voidaan tehdä esimerkiksi mittauskauden loputtua (avovesikauden kestävät mittaukset) tai ympärivuotisella asemalla tarkastelemalla vuoden pituisen jakson aineistoa.

Lopullisessa datan arvioinnissa kiinnitetään huomiota mm. seuraaviin asioihin:

- Datassa havaittavat pidemmät trendit, datan ryömimiset sekä mahdolliset selitykset niille
- Mittarin/anturin toimintakunnon arviointi (hajonta, perustason muuttuminen tms.)
- Kalibrointi- ja muuntoyhtälöiden tarkistus
- Valuma-alueella tai vesistössä tapahtuneet muutokset

Samalla voidaan tehdä myös monilähteinen datan tarkastelu, jolloin verrataan eri asemien, mittareiden ja menetelmin saatuja tuloksia.

5.5 Tiedon siirto tietokantaan

Aineistojen asianmukainen tiedonsiirto tietokantoihin ja niiden arkistointi on osa laadukasta jatkuvatoimista mittaustoimintaa. Alkuperäinen mitta-aineisto, josta käytetään usein termiä raakadata, tulee aina säilyttää. Kalibrointiyhtälöt tarkentuvat mitta-aineiston määrän lisääntyessä mittauspaikalta; laskenta suoritetaan uusilla yhtälöillä taannehtivasti myös vanhemmalle aineistolle. Raakadata ja korjattu data tulee säilyttää siten, että ne ovat erotettavissa toisistaan. Useimmiten tiedostojen

nimeäminen siten, että tiedostojen käyttäjälle ei jää epäselvyyttä aineiston laadusta ja alkuperästä, on riittävä toimenpide.

Mittausaineistosta kannattaa tehdä ainakin kaksi kopiota, joita päivitetään jatkuvasti. Mittausaineistolle kannattaa tehdä oma tietokanta, jossa säilytetään raakadataa ja laskettuja/korjattuja arvoja. Tietokantaan voi myös yhdistää tiedot huoltotoimenpiteistä ja tarkistusmittauksista.

Siirrettäessä aineistoja tietokantojen välillä, eli esimerkiksi laitetoimittajan tai muun aineistojen säilytyksestä ja käsittelystä vastaavan tahon ja SYKE:n välillä, tulee aineistojen tuloksin olla erityisen huolellinen. Tietoja vastaanottavan tahon tulee olla tietoinen esimerkiksi puuttuvien tai poistettujen mittaustulosten merkintätavasta. Aineistossa voi olla esimerkiksi aikatieto ilman tulosta tai ei edes aikatietoa. Vanhojen mittausaineistojen päivityksen yhteydessä on varmistuttava siitä, että uusi aineisto siirtyy myös vastaanottavaan tietokantaan. Vastaanottajan on myös aina tiedettävä, onko kyseessä raakadata vai laatuvarmennettu aineisto. Mikäli mittausaineistoja käytetään edelleen esimerkiksi jonkin palvelun tuottamiseen, voi tiedonsiirtoon tulla lisää väliportaita ja laskentaa, jolloin pitää huolehtia siitä, että jokaisessa vaiheessa käytetään oikeaa aineistoa ja tulokset ovat yhteneväisiä.

Ei reaaliaikaista seurantaa. Mikäli ei ole tarvetta tulosten reaaliaikaiseen seurantaan tai verkkoyhteyksiä ei ole käytettävissä, voidaan mittalaitteeseen tallennetut mittaustulokset yleensä kuitenkin ladata tietokoneelle ja käsitellä niitä laitetoimittajan tarjoamilla ohjelmistoilla tai muilla tietojenkäsittelyohjelmilla. Tällaisissa tilanteissa tiedot voidaan siirtää myöhemmin tietokantaan. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi järvellä tai merellä, johon ei haluta tai ei ole mahdollista asentaa pinnalla olevaa poijua.

Reaaliaikainen seuranta. Aineiston reaaliaikainen seuraaminen edellyttää tiedonsiirtoa, mikä yleensä toimii GSM-verkon kautta. Tiedonsiirron teknisessä toteutuksessa on toimittajien välillä eroja, mutta yleensä tiedonsiirron voi itse määrittää tapahtuvaksi tietyin väliajoin esimerkiksi kerran tai pari vuorokaudessa. Tiedonsiirrosta aiheutuu aina kustannuksia. Yleisin käytäntö on lähettää tieto joko laitetoimittajan omaan tai tilaajan tietokantaan. Tiedonsiirtopalvelu voi sisältää myös aineiston graafista esitystapaa, mutta yksinkertaisimmillaan vain aineiston siirron. Palvelun sisältö onkin hyvä ottaa huomioon jo mittalaitteen hankinnan yhteydessä, jotta se vastaisi paremmin omia tarpeita.

Metatiedon tallennus

Kaikista mittausasemista tulee laatia yksityiskohtaiset tiedot metatietolomakkeeseen. Siihen kirjataan laitetiedot (merkki, malli, sarjanumero), kalibrointitiedot, miten data on tarkastettu, käytetty aineiston laatuluokitus, aineistojen tallennuspaikka jne. Liitteenä mallikappale metatietolomakkeesta (liite 1).

6 Henkilöstön pätevyysvaatimukset

Mittalaitteiden valinta, asennus, huolto, aineiston käsittely ja vertailuvesinäytteiden otto vaativat asiantuntevan henkilöstön. Mittalaitteiden asentajan on tunnettava sekä ympäristön vaikutus tuloksiin että käytettävän laitemerkin tekniset asennusvaatimukset. Huoltohenkilöiden tulee olla hyvin perehdytettyjä sekä itse laitteiden toimintaan että huollon toimenpiteisiin. Useimmat laitetoimittajat tarjoavat perehdytyksen laitteiden käyttöön. Henkilöstön jatkuva koulutus sekä teorian että kenttätöskentelyn uusimmista tiedoista ja ohjeista takaa aineistojen laadun myös pitkällä tähtäimellä.

Mittauspaikkakohtaisia vertailuvesinäytteitä tulisi ottaa vain sertifioitujen näytteenottajien toimesta. Heillä pitää olla pätevyys vesi- ja vesistönäytteiden (tai vuoden 2016 jälkeen tätä korvaavalta vesinäytteenotto ja -mittaus -erikoistumisalalta). Näytteenottajan pätevyyden voi varmistaa myös näytteenottotoiminnan akkreditoinnilla. Vesinäytteet tulee analysoida aina akkreditoidussa laboratoriossa, jonka pätevyysalaan haluttujen muuttujien analyysit kuuluvat.

Mittauspaikkojen valinnassa tulee aina huomioida työturvallisuus, eli onko esimerkiksi huoltojen suorittaminen turvallista. Pätevä huoltohenkilökunta osaa arvioida vuodenaikoihin liittyvät riskit ja osaa tarvittaessa varustautua asianmukaisella tavalla sekä todeta tilanteet, jolloin huollon suorittaminen ei ole turvallista (esimerkiksi järvellä ja merellä kova tuuli).

Asiantunteva ja huolellinen henkilöstö mittaustoiminnan kaikissa vaiheissa takaa laadukkaan mittausaineiston.

SYKE ja muut alan toimijat järjestävät säännöllisesti koulutusta uusista vedenlaadun mittaustekniikoista. Koulutuksiin on suositeltavaa osallistua, sillä ala kehittyy nopeasti ja koko ajan saadaan lisää tietoa mittausten laatuun vaikuttavista asioista.

Työturvallisuusohjeita:

- Työsuojelu vesi- ja ympäristönäytteenotossa ja hydrologisissa mittauksissa, Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2006 (<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41537>)
- Työsuojelu veneiden käytössä, Ympäristöhallinnon ohjeita 9/2006 (<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B0A7BEEA7-D048-458F-BD-FA-6FD28A0B6C7B%7D/59435http://hdl.handle.net/10138/41540>)
- Työsuojelu moottorikelkan ja mönkijän käytössä, Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2006, <http://hdl.handle.net/10138/41530>

7 Hankintakäytäntöjä

Mittaustoiminta voi kaikkine vaiheineen olla joko kokonaan oman organisaation käsissä tai siihen voi osallistua alihankkijoita eri organisaatioista. Laitetoimittajat ovat lähes aina yksityisiä yrityksiä, joilta ostetaan vaihtelevia palvelukokonaisuuksia. Laitetoimittajalta voidaan minimissään ostaa tai vuokrata laitteisto, jonka jälkeen tilaaja hoitaa kaiken muun mittaustoimintaan liittyvän työn joko omana työnä tai alihankintoina muilta toimijoilta (huolto, vesinäytteenotto, vesinäytteiden analysointi, aineistojen käsittely). Laajimmillaan laitetoimittajilta voidaan ostaa koko mittaustoiminta, jolloin tilaajan on varmistuttava siitä, että kaikki vaiheet tehdään asianmukaisesti noudattaen tässä kuvattuja suosituksia.

Oleellista kaikessa alihankinnassa on, että alihankkijan tulee voida kirjallisesti osoittaa osaamisensa, ja jos mahdollista, niin akkreditoinnin tai sertifiointin avulla. Lisäksi alihankkijalta voi pyytää referenssejä jo suoritetuista vastaavista tilaustöistä.

Jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden hankinta toteutetaan useimmiten kilpailuttamalla. Huolella laadittu tarjouspyyntö helpottaa tarjousten vertailua ja varmistaa laadukkaan mittarin/mittauspalvelun hankinnan. Kilpailutuksen kriteereinä voidaan käyttää myös laatukriteereitä jopa siinä määrin, että palvelun tarjoajan tulee täyttää tietyt kriteerit pystyäkseen ottamaan osaa kilpailutukseen. Opastusta tarjouspyynnön laadintaan ovat esittäneet mm. Huotari & Ketola (2014), Tattari ym. (2015), Tarvainen & Suomela (2017). Hankintatavasta riippumatta, mittauksen laadun pitäisi olla yhtenäistä ja noudattaa laatukäsikirjan ohjeistusta.

8 Dokumentaatio

Jatkuvatoimisen vedenlaadun mittauksen dokumentointi on tärkeä osa laadukasta mittaustoimintaa. Dokumenttien sijainti tulisi olla kaikkien mittaustoimintaan osallistuvien tiedossa.

Dokumentointiin tulisi sisältyä vähintään seuraavia asioita:

1. Sopimukset esimerkiksi maankäyttöoikeudesta tai muista sopimuksen alaisista asioista.
2. Ohjeistus vesinäytteenotosta sekä käytettävistä laboratorioanalyyseistä sillä tarkkuudella mukaan lukien käytännön vinkit, että periaatteessa kuka tahansa pätevyysvaatimukset täyttävä henkilö voi toteuttaa tehtävät vaaditulla tarkkuudella ja laadukkuudella. Kullakin ohjeella tulee olla vain yksi laatija, joka ylläpitää ohjetta.
3. Mittausaineiston käsittelyn periaatteet ja toimintatavat.
4. Laitteiden ja ohjeiden vastuuhenkilöluettelo.
5. Pätevyysluettelo (isommissa organisaatioissa): kuka on pätevä ottamaan näytteitä ja analysoimaan niitä; kuka on pätevä laatutarkastamaan mittaustietoa ja viemään tietoa tietokantoihin. Tästä luettelosta ei tule poiketa.
6. Laitevastaavan ylläpitämä laitekirja, joka sisältää oleelliset tiedot laitteen käytöstä sekä ominaisuuksista.
7. Laitteiden käyttöohjeet. Laitetoimittajan toimittamat sekä tarvittaessa omia ohjeistuksia tarkemmista asemakohtaisista yksityiskohdista.
8. Laitteiden huoltopäiväkirja (ks. kappale 3.1).

9 Yhteenveto

Perinteisen vesinäytteenoton ja näytteen laboratorioanalysoinnin rinnalle on yhä useammin tarjolla vaihtoehtoisia suoraan kentällä tehtäviä mittauksia. Osa mittauksista voidaan automatisoida ja toteuttaa jatkuvatoimisesti. Mittaustuloksetkin onnistutaan usein päivittämään välittömästi verkkosivustoille, joten monia ilmiöitä pystytään tarkkailemaan reaaliaikaisesti. Jatkuviin automaattimittauksiin liittyy kuitenkin myös isoja haasteita, etenkin se, miten pystytään varmistamaan mittausten laatu ja käytökelpoisuus.

Näihin haasteisiin on lähdetty vastaamaan keräämällä olemassa olevaa tietoa ja kokemuksia yhteen käsikirjaksi.

Tämä laatukäsikirja on toteutettu ”Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien valtakunnallisen verkoston toteuttamissuunnitelma – JatkuvaLaatu” -hankkeessa vuonna 2018. Hankkeen toteutuksesta vastasi Suomen ympäristökeskus yhdessä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa. Hanketta rahoitti ympäristöministeriö. <http://www.syke.fi/hankkeet/jatkuvalaatu>

Laatukäsikirjassa keskitytään jatkuvatoimisten mittausten laatuun vaikuttaviin yleisiin asioihin, jotta esitettävät toimenpiteet sopisivat useimmille vedenlaatua mittaaville laitteille ja olisivat käytettävissä eri vesiympäristöissä.

Kirjassa käsitellään ensin yleisesti kaikkia vesiympäristöjä koskevia asioita, jonka jälkeen virtavesiä, järviä ja merialuetta koskevia asioita käsitellään erikseen, mikäli toimet poikkeavat eri ympäristöissä. Virtavesiä koskevia ohjeita voidaan soveltaa eri kokoisissa uomissa tehtäviin mittauksiin.

Laatukäsikirjalla pyritään parantamaan ja yhtenäistämään mittausten laatua mitaustoiminnan kaikissa vaiheissa. Laadun osatekijät on koottu seuraavalle sivulle. Laadunvarmistus käsittää toimivan ketjun vesiympäristöön sopivan laitteen valinnasta, validoinnista, asennuksesta, huollosta, kalibroinnista, laadukkaista laboratorioanalyysistä sekä ammattitaitoisesta mittaustulosten laadunvarmistuksesta. Huolellinen toiminta ketjun kaikissa vaiheissa takaa mittausten onnistumisen ja aineistojen korkean laadun, mikä lisää olennaisesti myös aineistojen hyödyntämismahdollisuuksia.

Jatkuvatoimisesti mitattua tietoa voidaan hyödyntää moniin eri tarkoituksiin, sekä ympäristön seurannassa, tutkimuksessa, että tiedon välittämisessä kansalaisille, mutta vain, jos koko mittausketjun laadusta on huolehdittu.

Laadun osatekijät

Mittauspaikan valinta

- taustatietojen saatavuus (vedenlaatu, virtaama)
- edustavuus, sijainti vesistössä
- häiriötön mittausympäristö
- työturvallisuus
- aseman tarvitsemien palvelujen saatavuus (esim. tietoliikenne, sähkö)

Mittalaitteiden valinta ja hankinta

- mitattavat muuttujat
- hankintamuoto (omistus, leasing)
- kilpailutus, laatukriteerit (mm. mittareiden luotettavuus, suorituskyky)

Mittausaseman perustaminen

- asiantunteva asennus
- ympärivuotinen, avovesikausi
- luvat

Aseman ylläpito ja huolto

- säännölliset huollot
- peruskalibrointi
- huoltopäiväkirja

Mittausaineiston käsittely

- paikkakohtainen vesinäytteisiin perustuva kalibrointi, kalibrointiyhtälöt
- alustava datan käsittely
- johdettavat muuttujat, muuntoyhtälöt
- lopullinen aineiston käsittely, arkistointi
- käsittelyjen jäljitettävyyys

Mittaustoiminnan hyvät käytännöt

- mittaustoimintaan osallistuvien tahojen vastuut selvät
- henkilöstö koulutettua
- vesinäytteiden analysointi akkreditoidussa laboratoriossa
- dokumentointi (metatietolomake, asema-kohtainen ohjeistus)

KIRJALLISUUS

- Arola, H. (toim.) 2012. Jatkuvatoiminen sameusmittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsittely. Ympäristöhallinnon ohjeita 2, 51 s.
- Björklöf, K., Näykki, T., Väisänen, T. 2016. Luotettava kenttämittaus edellyttää osaavaa mittaajaa ja riittävää laadunvarmistusta, *Vesitalous* 4/2016, 39-42.
- EN 17075 (Water quality - General requirements and performance test procedures for water monitoring equipment - Measuring devices.
- Huitu, H. (toim.) 2009. Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan. MTT Kasvu 8, 56 s. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/476095/mttkasvu8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus - Hyvät mittauskäytännöt ja aineiston käsittely. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2014. 66 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/45421/OH_5_2014.pdf?sequence=1
- ISO/IEC19762, 2016. Information technology — Automatic identification and data capture (AIDC) techniques — Harmonized vocabulary.
- ISO 6107-2:2006. Water quality – Vocabulary.
- Jaccard, P., Hjermann D. Ø., Ruohola, J., Norli, M., Ledang, A.B., Marty, S., Kristiansen, T., Sørensen, K., Kaitala, S., Mangin, A. 2018. CMEMS-INS-BGC-QC Quality Control of Biogeochemical Measurements DOI <http://doi.org/10.13155/36232>
- Kahiluoto, J. 2015. Kenttämittareiden soveltuvuus pintavesien laadun seurantaan. Espoo: Metropolia, Insinööriyö, 48 s. <http://www.theseus.fi/handle/10024/91489>
- Kotamäki, N., Thessler, S., Koskiahio, J., Hannukkala, A., Huitu, H., Huttula, T., Havento, J., Järvenpää, M. 2009. Wireless in-situ sensor network for agriculture and water monitoring on a river basin scale in southern Finland: Evaluation from a data user's perspective. *Sensors* 9, No. 4, 2862-2883.
- Kuha, J., Arvola, L., Hanson, Huotari, J., Huttula, T., Juntunen, J., Järvinen, M., Kallio, K., Ketola, M., Kuoppamäki, K., Lepistö, A., Lohila, A., Paavola, R., Vuorenmaa, J., Winslow, L., Karjalainen, J. 2016. Response of boreal lakes to episodic weather-induced events. *Inland Waters* 6 (4): 523-534. <http://dx.doi.org/10.5268/IW-6.4.886>
- Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiahio, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälähti, T., Rasmus, K., Tattari, S. 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa – pilottina Säkylän Pyhäjärvi. Suomen ympäristö 9/2010, Ympäristönsuojelu. Suomen ympäristökeskus. 46 p. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=358428&lan=fi&clan=fi>
- Näykki, T. & Väisänen, T. (toim.) 2016. Laatusuosituksen ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle. Vesistä tehtävien analyttien määrittämisrajat, mittausepävarmuudet sekä säilytysajat ja -tavat. 2. uudistettu painos. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2016 https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/163532/SYKEra_22_2016.pdf?sequence=1
- Pellerin, B.A., Bergamaschi, B.A., Downing, B.D., Saraceno, J.F., Garrett, J.A., Olsen, L.D. 2013. Optical techniques for the determination of nitrate in environmental waters: Guidelines for instrument selection, operation, deployment, maintenance, quality assurance, and data reporting. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 1–D5, 37 p. <https://pubs.usgs.gov/tm/01/d5/pdf/tm1d5.pdf>
- Seppälä, J., Ylöstalo, P., Kaitala, S., Hällfors, S., Raateoja, M., Maunula, P. 2007. Ship-of-opportunity based phycocyanin fluorescence monitoring of the filamentous cyanobacteria bloom dynamics in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73: 489-500.
- Tarvainen, M., Kotamäki, N., Tattari, S. 2017. Vesinäytteenoton ajoitus tärkeää vedenlaatumittareiden käytössä ja ravinnekuormituksen tarkentamisessa. *Vesitalous* 1, 28-34.
- Tarvainen, M., Kotilainen, H., Suomela, J. 2015. Uudet menetelmät vesistöjen seurannassa – mahdollisuudet ja haasteet. Raportteja 86. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 65 s.
- Tarvainen, M. & Suomela, J. 2017. Toimintamallitarkastelu - jatkuvatoimiset vedenlaatuasemat. Raportteja 12. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 28 s.
- Tattari, S., Koskiahio, J., Tarvainen, M. 2015. Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen. Käytännön opas. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Opas 5/2015.
- Wagner, R.J., Boulger, R.W., Jr., Oblinger, C.J., Smith, B.A. 2006. Guidelines and standard procedures for continuous water-quality monitors. Station operation, record computation, and data reporting. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 1–D3, 51 p. + 8 attachments. <http://pubs.water.usgs.gov/tm1d3>
- Woolway, R.I., Verburg, P., Lenters, J.D., Merchant, C.J., Hamilton, D.P., Brookes, J., de Eyto, E., Kelly, S., Healey, N.C., Hook, S., Laas, A., Pierson, D., Rusak, J.A., Kuha, J., Karjalainen, J., Kallio, K., Lepistö, A., Jones, I.D. 2018. A global analysis of surface heat loss processes in lakes. *Limnology and Oceanography*. doi: 10.1002/lno.10950. <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lno.10950>

Liite I. Automaattisten vedenlaatuasemien metatietolomake

Ohje

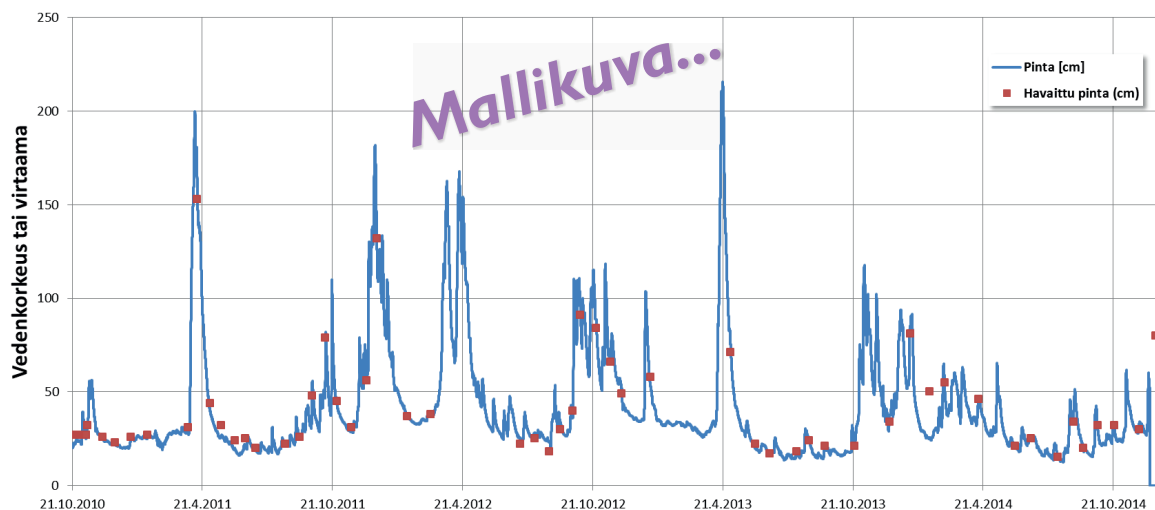
YLEISTÄ TIETOA		
Mittausvesiympäristö:		Joki/puro/oja, järvi, meri
Mittauspaikan VESLA nimi:		VESLA nimi AVOIN DATA rekisteristä
Mittauspaikan muu nimi:		Muu nimi, vesistön nimi
Kunta:		Esim. Tammela
x-koordinaatti:		Ilmoita koordinaattijärjestelmä, esim. ETRS-TM35FIN
y-koordinaatti:		Ilmoita koordinaattijärjestelmä, esim. ETRS-TM35FIN
Lisätietoja:		Esim. Asennusratkaisu, laiturin päässä, kiinnitetty siltaan ym.
Mittauksesta vastaava hlö:		Organisaatio/yritys, nimi
Huollosta vastaava hlö:		Organisaatio/yritys, nimi
Laaduntarkastuksesta vastaava hlö:		Organisaatio/yritys, nimi
Mittauksen aloituksen ajankohta:		Mittauksen aloitusajankohta
Mittauksen päättymisen:		Projektin päättymispäivä
Mittaussyvyys:		Esim. 0,5 m
Profiloiva mittaus:		Kyllä/Ei, Jos kyllä ->lisätietona mittaussyvytydet
Mittaustiheys:		Esim. 1 tunti, 30 min

MITTARITIE TOA		
Mittari 1		Esim. S::CAN, YSI
Anturit		Esim. spectro::lyser, paineanturi: OTT PLS – paineanturi
Mitattavat muuttujat:		Esim. Sameus, orgaaninen hiili, nitraattityppi
Anturin puhdistusmenetelmä		Esim. paineilmapuhdistus, harjapuhdistus

Mittari 2		Esim. S::CAN, YSI
Anturit		Esim. spectro::lyser, paineanturi: OTT PLS – paineanturi
Mitattavat muuttujat:		Esim. Sameus, orgaaninen hiili, nitraattityppi
Anturin puhdistusmenetelmä		Esim. paineilmapuhdistus, harjapuhdistus

HUOLTO JA YLLÄPITO		
Optisen linssin puhdistus ja laitteen toimintakunnon tarkastus		
Kerran kahdessa viikossa, talvella harvemmin		Rasti (X) ruutuun ja lisätietoja tarvittaessa
Kerran kuukaudessa, talvella harvemmin		
Tiheimmin		
Harvemmin		
Muut huoltotoimenpiteet		Esim. tehdashuollot, kalvojen vaihdot ym.

KALIBROINTI		
Vesinäytteiden osuminen eri virtaamatilanteisiin tai eri pitoisuustilanteisiin		Kuva, x-akseli: aika, y-akseli: vedenkorkeus/ virtaama ja näytteenottopäivät merkittynä virtaama-aikasarjaan.



KALIBROINTIYHTÄLÖT JA MENETELMÄ (ks. Alaviite)							
Muuttuja	Mittausalue	Tarkkuus	Vaihteluväli	Yhtälö	X	y	R2
Sameus							
Nitraattityppi							
Orgaaninen hiili							

Selitä x ja y tarkasti, muuttujan nimi, ja yksikkö

MUUNTOYHTÄLÖT

Esimerkkinä sameus --> kokonaisfosfori

Menetelmä 1: Laboratoriossa vesinäytteistä analysoidun kokonaisfosforin ja sameuden välille muodostetaan yhtälö. Kokonaisfosforiaikasarjan laskemista varten yhtälöön sijoitetaan jatkuvatoimisesti mitatut kalibroidut sameusarvot.

Menetelmä 2: Toinen tapa on käyttää paikallisoloihin kalibroituja mittarisameutta ja vesinäytteestä mitattua kokonaisfosforia ja muodostaa näiden välille yhtälö.

Menetelmä 3: Kolmannessa tavassa käytetään mittarista saatua raakasameutta ja laboratoriossa vesinäytteestä analysoitua kokonaisfosforia.

Muuttuja	Yhtälö	Menetelmä	R2
Kokonaisfosfori			
kokonaistyyppi			
Kiintoaine			

TIEDON TALLENNUS / TIEDON ESITTÄMISVÄYLÄ

Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä		Rasti (X) ruutuun
www-osoite:		Lisää www-osoite
Toimijan oma tietokanta		
Laitetoimittajan/konsultin tietokanta		

Lupa-asiat

Paikan käyttöoikeus

Suullinen sopimus, kenen kanssa

Kirjallinen sopimus, kenen kanssa

Nimi, puh. numero & lisätietoja esim. sähkösopimus

Nimi, puh. numero & lisätietoja esim. sähkösopimus

Liikenne- ja viestintäviraston lupa (järvet, merialueet)



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

ISBN 978-952-11-4828-6 (nid.)

ISBN 978-952-11-4829-3 (PDF)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)